Доклады Академии Наук СССР
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS

МАТЕМАТИКА

Н. А. РОМАНОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ КОНТАКТА МЕЖДУ ТЕОРИЕЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И УЧЕНИЕМ АКАДЕМИКА И. П. ПАВЛОВА ОБ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСАХ

(*Представлено академиком Н. Н. Лузиным 23 XII 1934*)

§ 1. Вопрос о природе понятия вероятности и генезисе основной формулы теории вероятностей:

$$p = \frac{m}{m+n}, \qquad (1)$$

определяющей понятие математической вероятности, до настоящего времени не может считаться выясненным.

Классическая точка зрения (Лаплас) вопрос об обосновании формулы (1) обходила, определяя всю теорию вероятностей как „здравый смысл, сведенный к исчислению“ (1).

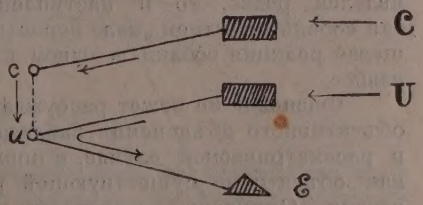
Новейшая аксиоматика формулы (1), данная акад. С. Н. Бернштейном, в конечном счете опирается на „наше интуитивное представление о вероятности“ (2).

Неопределенность содержания, вкладываемого в такие термины, как „здравый смысл“ и „интуиция“, толкала на поиски иного обоснования и освещения формулы (1).

В основу настоящего исследования положено учение об условных рефлексах акад. И. П. Павлова (3, 4).

§ 2. Явление условного рефлекса, открытое и изученное академиком И. П. Павловым, как известно, состоит в следующем:

„Если я сделаю такой опыт: сперва применю тон (звук — *Н. Р.*), а потом буду кормить собаку, и повторю это несколько раз — тогда тон сделается возбудителем пищевой реакции, станет возбуждать слюноотделение и т. д.“ (5).



Фиг. 1.

Возникновение условных рефлексов объясняется образованием в коре головного мозга животного связи, проторенности (Bahnung) между пунктом коры, воспринимающим раздражение, идущее от данного условного агента (тон), и пунктом, воспринимающим раздражение, посылаемое безусловным агентом (пища).

Схематически условный рефлекс может быть представлен в следующем виде (см. фиг. 1).

Здесь C — представляет собой условный (conditioned) раздражитель (тон), U — безусловный (unconditioned) раздражитель (пища); прямоуголь-

никами обозначены соответствующие воспринимающие поверхности (ухо, полость рта), треугольником $\mathcal{E}$ — эффектор, т. е. рабочий орган (в нашем случае — слюнная железа gl. parotis); кружками c и u — соответствующие пункты коры. Пунктир между c и u обозначает образовавшуюся в коре проторенность, благодаря наличию которой эффектор работает при действии одного только сигнала C.

Условный рефлекс представляет собой центральное явление в нормальной работе больших полушарий. Это явление психологи называют ассоциацией.

Обозначим через M число бывших воздействий на организм условным раздражителем C, сопровождавшихся действием безусловного агента U, а через N — число бывших воздействий на организм тем же условным раздражителем C, безусловным агентом U не подкрепленным (число „обманов“).

Работу эффектора $\mathcal{E}$ (величина или „сила“ условного рефлекса), измеряемую количеством выделившейся при действии C слюны, обозначим через R_u^c, подчеркнув индексами c и u около буквы R зависимость этой величины от степени проторения пути c — u.

Заметим, что условный рефлекс может быть выработан не только описанным выше способом, но и путем сочетания некоторого индифферентного агента C' с агентом C, на который уже имеется прочно выработанный условный рефлекс.

§ 3. Станем временно на психологическую точку зрения. Объясняя описанные выше явления, психолог говорит: при всяком действии C собака „на основании своего прошлого опыта“ вслед за действием C „ждет“ также и действия U. „Уверенность“ собаки в наступлении U вслед за действием C будет тем больше, чем чаще в прошлом опыте животного раздражитель C сопровождался раздражителем U. Наоборот — если раздражитель U при действии раздражителя C в прошлом опыте собаки появлялся редко, то и наступление U вслед за действием C будет для собаки событием „мало вероятным“. Поэтому (скажет психолог) и пищевая реакция собаки в одном случае выражена сильнее, в другом — слабее.

Физиолог не может рассуждать подобным образом. Физиолог ищет объективного объяснения наблюдаемых им явлений и находит таковое, в рассматриваемом случае, в понятии проторенности в мозговой коре, как объективно существующей реальности. Такова установка физиологии. Опираясь на нее, мы можем высказать следующее основное положение:

Большая или меньшая вероятность некоторого ожидаемого события U после происшедшего C физиологически может быть понимаема как возникшая в силу прошлых раздражений коры мозга большая или меньшая проторенность между пунктами коры соответственно воспринимающими раздражения C и U.

Однако найденная аналогия этим не исчерпывается.

§ 4. Изучая явление условного рефлекса, мы заметили, что ряд его основных свойств может быть объединен помощью формулы:

$$R_u^c = K\left(L\frac{M}{M+N} - \varepsilon\right), \qquad (2)$$

из которой эти свойства могут быть получены чисто дедуктивным путем.

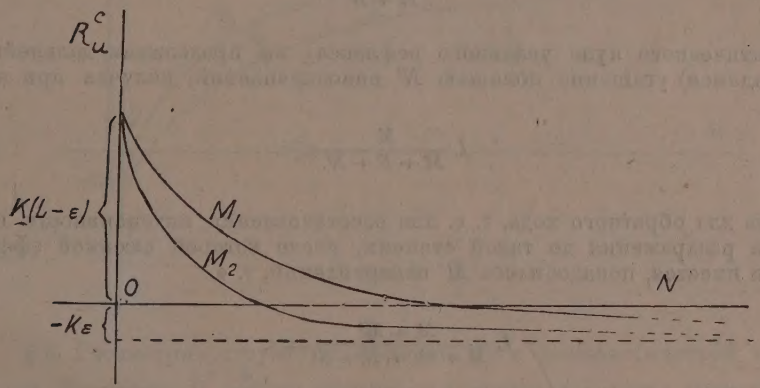
Здесь K, L и ε, при данных раздражителях C и U и данном экспериментальном животном — постоянные, > 0, причем $L > \varepsilon$.

А. Нормальная величина условного рефлекса. При отсутствии неподкреплений ($N = 0$) и росте числа M подкреплений, выработанный условный рефлекс стоит на одной и той же высоте.

Формула (2) дает: $R_u^c = K(L - \varepsilon)$.

В. Тормозной (отрицательный) условный раздражитель. При отсутствии подкреплений ($M = 0$) и росте числа N неподкреплений сигнала C, последний не вызывает слюноотделения.

Из (2) имеем: $R_u^c = -K\varepsilon$.*



Фиг. 2.

С. Кривые угашения. Систематически не подкрепляя положительный условный раздражитель, мы наблюдаем уменьшение величины условного рефлекса вплоть до полного исчезания слюнного эффекта. Уменьшение условного рефлекса вызывается развитием в коре противоположного возбуждению тормозного процесса. Особенностью угашения и аналогичных ему процессов** является быстрое падение величины условного рефлекса в начале угашения и все более медленное — к концу его.***

Кривые фиг. 2 отвечают уравнению (2), в котором $M = \text{const}$, причем $M_1 > M_2$.

* Физиологический смысл полученной отрицательной величины будет выяснен позднее.

** Так, сюда же мы относим переделку положительного условного раздражителя в тормозной и пр.

*** Волнообразность угашения во внимание не принимается.

D. Прочность условного рефлекса. Описанные выше процессы уменьшения величины условного рефлекса осуществляются тем труднее, чем больше „возраст“ M рефлекса. Влияние возраста M условного рефлекса на его прочность непосредственно видно из фиг. 2, а также может быть получено из формулы (2) аналитически.

E. Отрицательное угашение. Достигнув помощью угашения практического нуля условного рефлекса и продолжая действовать неподкрепляемым раздражителем C, мы вызываем в рефлексе (практически остающемся равным нулю) особое качественное изменение, состоящее в растущей трудности восстановления рефлекса. Мерой глубины отрицательного угашения при прочих равных условиях может служить число воздействий подкрепленным условным раздражителем C, требующееся для восстановления угашенного за нуль условного рефлекса. Пусть, достигнув

$$L\frac{M}{M+N}=\varepsilon$$

(практического нуля условного рефлекса), мы продолжаем дальнейшее (невидимое) угашение помощью N' неподкреплений, получая при этом

$$L\frac{M}{M+N+N'}<\varepsilon.$$

Пусть для обратного хода, т. е. для восстановления интенсивности процесса раздражения до такой степени, после которой слюнной эффект снова имеется, понадобилось M' подкреплений, т. е.

$$L\frac{M+M'}{M+M'+N+N'}=\varepsilon.$$

Тогда из

$$\frac{M}{M+N}=\frac{M+M'}{M+M'+N+N'}$$

имеем:

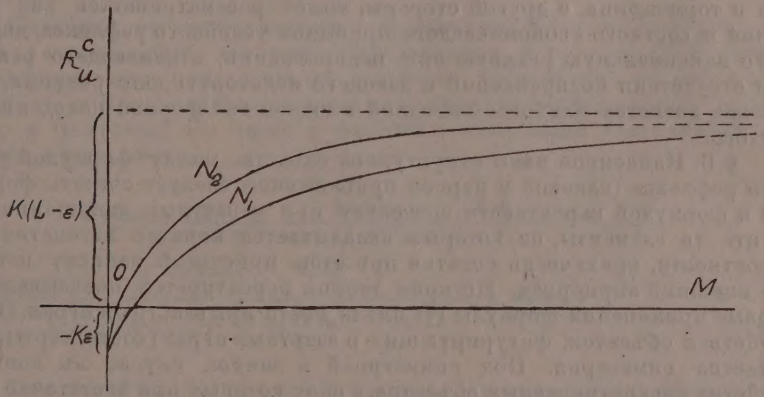
$$\frac{N}{M}=\frac{N+N'}{M+M'}.$$

Последнее равенство показывает, что с увеличением глубины N' отрицательного угашения число M' подкреплений, требующееся для восстановления угашенного условного рефлекса, также возрастает.

F. Кривые восстановления. Ход процессов, обратных угашению, представляет известную симметрию с явлением самого угашения: возвращение угашенного условного рефлекса к норме помощью подкрепления раздражителя C, потерявшего условное действие, своим безусловным агентом U происходит вначале быстрее, затем все медленнее. На фиг. 3 изображены отвечающие формуле (2) теоретические кривые относимого нами сюда же процесса переделки, помощью систематиче-

ского подкрепления, тормозного раздражителя в условный положительный. Здесь $N = \text{const}$, причем $N_1 > N_2$.

G. Прочность тормозного процесса в случае отрицательного раздражителя. Процессы, отвечающие фиг. 3, осуществляются тем труднее (т. е. требуют тем большего числа M подкреплений), чем большее число N неподкреплений насчитывает за собой в прошлом данный тормозной раздражитель. Последнее непосредственно видно из фиг. 3, а также может быть получено из формулы (2) аналитически.



Фиг. 3.

§ 5. Рассмотрим структуру формулы (2) с физиологической точки зрения. Величина R_u^c работы эффектора $\mathcal{E}$, определяемая при данных раздражителях C и U и данном экспериментальном животном количеством энергии возбуждения, проходящей по руслу $c — u$, в первом приближении может быть принята пропорциональной этой энергии. Однако, не вся энергия раздражения, идущего по пути $c — u$, превращается во внешнюю работу эффектора; часть ее неминуемо должна тратиться на преодоление „инерции“ (порога раздражения) как нервных путей ведущих к эффектору, так и самого эффектора $\mathcal{E}$ — эфферентных путей условнорефлекторной дуги. Возможно положение, при котором развитие тормозного процесса в коре настолько ослабит раздражительный процесс, что последний окажется ниже порога возбуждения эфферентных путей (отрицательное угашение). Вместе с тем и в этом случае текущий по руслу $c — u$ раздражительный процесс в коре все же существует. Есть много оснований полагать, что раз образовавшаяся в коре проторенность обладает большой прочностью и, быть может, никогда не исчезает совсем.

Тогда величина

$$E = L\frac{M}{M+N} \qquad (3)$$

может нами пониматься как количество энергии возбуждения (excitation), текущей по руслу $c-u$, степень проторения которого определятся соотношением между M и N — числами положительных и тормозных следов прошлых раздражений C в коре; наибольшее количество L этой энергии протекает в случае отсутствия тормозных следов ($N=0$). Величина ε при таком понимании должна трактоваться как порог возбуждения эфферентных путей, K — как коэффициент пропорциональности, связывающий работу эффектора с притекающей к нему энергией возбуждения.*

Дробь $\frac{M}{M+N}$, входящая в формулу (2), являющая собой в математической форме единство противоположных процессов в коре — возбуждения и торможения, с другой стороны, может рассматриваться как выражение известного экономического принципа условного рефлекса, диктующего максимальную реакцию при подкреплении, отменяющего реакцию при отсутствии подкреплений и дающего некоторую долю реакции, когда таковая является наиболее выгодной и экономной формой поведения животного.

§ 6. Найденное нами структурное сходство между формулой условного рефлекса (каковой в первом приближении следует считать формулу (2)) и формулой вероятности позволяет при известных допущениях наметить те элементы, из которых складывается понятие математической вероятности, критически осветив при этом присущий данному понятию его внешний априоризм. История теории вероятностей показывает, что первые применения формулы (1) имели место при азартных играх. Общим свойством объектов, фигурирующих в азартных играх (кости, карты и пр.), является симметрия. Под симметрией в данном случае мы понимаем свойства рассматриваемых объектов, в силу которых при достаточно большом числе испытаний объекты испытуемой группы „выпадают" одинаково часто. Математической записью симметрии является:

$$\lim_{S\to\infty}\frac{\alpha_q}{\alpha_r}=1, \qquad (4)$$

где α_q и α_r — числа выпадений двух любых объектов группы при S испытаниях.** Анализируя далее процесс игры, мы замечаем, что самое испытание (подбрасывание монеты или игральной кости) само по себе не вызывает никакого специального интереса со стороны играющего человека. „Вкус" игре придает более или менее частое выпадение отдельных объектов группы обладающих специальными признаками (число очков на грани кости, масть карты и пр.), связанными с тем или иным материальным интересом играющего. Рассмотрим ожидание играющим (при испытании производимом над данной группой объектов) выпадения объекта обладающего некоторым признаком i, имеющимся у m и отсутствующим у n остальных объектов группы.*** Указанные два раздражителя

* Таким образом, если мы условимся работу, производимую эффектором, обозначать положительной величиной, то состояние покоя эффектора — т. е. такое его состояние, когда он не только не производит работы, но, прежде чем притти в рабочее состояние, сам должен поглотить известное количество энергии — мы необходимо должны обозначить величиной отрицательной.

** В случае таких объектов, как монета или игральная кость, „группой объектов" является сама монета (кость), а объектами ее — стороны монеты (грани кости).

*** Наличие или отсутствие признака i у объекта не должно служить препятствием для подчинения его условию (4).

(самое испытание и выпадение объекта обладающего признаком i) и обусловливают собою ту ассоциативную связь, к которой мы и применим полученные нами ранее выводы. Обозначим через α_1, $\alpha_2 \ldots \alpha_m$ числа выпадений при S бывших испытаниях соответственно 1-го, 2-го, ... m-го объекта из m объектов группы обладающих признаком i, а через β_1, $\beta_2 \ldots \beta_n$ числа выпадений при тех же S испытаниях соответственно 1-го, 2-го, ... n-го объекта из n объектов группы, признаком i не обладающих. Согласно принятым обозначениям можем написать:

$$M = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_m$$
$$N = \beta_1 + \beta_2 + \ldots + \beta_n$$

Полагая, что субъективное содержание физиологического процесса, интенсивность которого определяется формулой (3),* состоит в ожидании при определенных условиях наступления известного события (в нашем случае — выпадения объекта обладающего признаком i) и допуская, что число S прошлых испытаний безгранично возрастает, будем иметь:

$$E = L.\operatorname{Lim}_{S\to\infty} \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_m}{\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_m + \beta_1 + \beta_2 + \ldots + \beta_n} =$$
$$= L.\operatorname{Lim}_{S\to\infty} \frac{1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} + \ldots + \frac{\alpha_m}{\alpha_1}}{1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} + \ldots + \frac{\alpha_m}{\alpha_1} + \frac{\beta_1}{\alpha_1} + \ldots + \frac{\beta_n}{\alpha_1}} = L\,\frac{m}{m+n}. \qquad (5)$$

Последний вывод, как можно полагать, представляет собой математическое отображение того процесса, естественное течение которого (длительно накопляющийся человеческий опыт) и привело к установлению формулы (1). Степень нашего ожидания (уверенности) при этом определяется числами m и n, полученными нами из настоящего опыта (т. е. из ознакомления с составом группы). Последнее обстоятельство, как показывает вывод (5), есть следствие условия (4). Можно думать, что именно эти специфические свойства объектов группы (симметрия) придают формуле (1) внешне априорный характер.

Акад. И. П. Павлову, акад. Н. Н. Лузину за научное руководство, Вс. И. Павлову за ряд ценных указаний и всемерное содействие написанию и опубликованию настоящего сообщения, проф. Н. А. Подкопаеву за ряд советов и помощь в процессе работы, сотрудникам лабораторий акад. И. П. Павлова, любезно предоставившим свои материалы, приношу свою искреннюю благодарность.

Физиологический отдел Ленинградского филиала Всесоюзного института экспериментальной медицины.

Поступило 26 I 1935.

---

* Каковую здесь мы принимаем за вполне точную.

MATHÉMATIQUES

SUR LA POSSIBILITÉ D'UN CONTACT ENTRE LE CALCUL DES PROBABILITÉS ET LA THÉORIE DES RÉFLEXES CONDITIONNELS DU PROF. I. P. PAVLOV

Par N. A. ROMANOV

(*Présenté par N. Lusin, de l'Académie, le 23. XII. 1934*)

La théorie des réflexes conditionnels est prise comme point de départ pour l'analyse de la notion de probabilité.

L'idée fondamentale se résume comme suit:

La probabilité, quelle que soit sa valeur, d'un événement attendu U qui doit suivre un autre C, peut être considérée au point de vue physiologique comme une voie plus ou moins frayée dans le cortex, en vertu des excitations précédentes, entre deux points du cortex recevant respectivement les excitations C et U.

Il est constaté que les propriétés principales d'un réflexe conditionnel peuvent être exprimées par la formule (2), dont la structure correspond à la formule classique de la probabilité (1).

L'application aux jeux de hasard de la thèse par nous avancée permet de désigner les éléments, dont la notion mathématique de probabilité est composée; en même temps le caractère extérieur d'un à priori de la formule (1) est considéré comme une conséquence des qualités particulières (symétrie) des objets figurant dans les jeux de hasard.

Section de Physiologie de
l'Institut de Médecine
Expérimentale de l'URSS.
Filiale de Leningrad.

Manuscrit reçu
le 26. I. 1935.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] Laplace. Essai philosophique sur les probabilités. 5-éme édition, Paris, 1825. Лаплас. Опыт философии теории вероятностей. Москва, 1908. [2] С. Н. Бернштейн. Теория вероятностей. ГТТИ, 1934. S. N. Bernstein. Théorie des probabilités (en russe). [3] И. П. Павлов. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности. Ленмедиздат, 1932. I. P. Pavlov. Lectures on Conditioned Reflexes. Twenty-Five Years of Objective Study of the Higher Nervous Activity (Behaviour) of Animals. New York, 1929. [4] И. П. Павлов. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. ГИЗ, 1927. I. P. Pavlov. Conditioned Reflexes. An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex. Oxford, 1927. [5] И. П. Павлов. Физиология и патология высшей нервной деятельности. Госмедиздат, 1930. I. P. Pavlov. La physiologie et la pathologie de l'activité nerveuse supérieure (en russe).

И. И. ПРИВАЛОВ

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ТЕОРИИ СУБГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ. I

(*Представлено академиком Н. Н. Лузиным 1 XII 1934*)

Функция $v(P)=v(x_1, x_2, \dots x_p)$ называется субгармонической в области D пространства p-измерений, если она удовлетворяет условиям:

1°. $v(P)$ однозначна и полунепрерывна сверху в области D.

2°. Для всякой точки P_0, $P_0 \subset D$ существует достаточно малый шар с центром P_0 такой, что имеет место неравенство:

$$v(P)_0 \leqslant \frac{1}{\omega}\int v(P)\,d\omega,$$

где интегрирование распространено на область этого шара с объемом ω.

В нашей статье, имеющей появиться в „Математическом сборнике", т. 41, в. 4, используя принцип максимума, устанавливаются следующие предложения:

I. Пусть функция $v(P)$ обладает свойствами:

1°. $v(P)$ субгармоническая в области D.

2°. Всякой точке $\overline{P}$ границы, отличной от точек $P_1, P_2, \dots P_n, \dots$ некоторого счетного множества E и всякому положительному числу ε соответствует шар с центром $\overline{P}$ такой, что в любой точке области D, принадлежащей этому шару, имеет место неравенство: $v(P) < C + \varepsilon$, где C некоторое постоянное.

3°. $\overline{PP}_n^{\sigma} \cdot e^{v(P)}$ стремится к нулю, когда точка P стремится к P_n, $\sigma > 0$, произвольное постоянное. При этих условиях неравенство $v(P) \leqslant C$ выполняется в каждой точке области D, причем знак равенства в некоторой точке P_0 области D может быть лишь в том случае, когда $v(P)$ есть постоянное, равное C.

II. Пусть $v(P)$ субгармоническая функция в области D, лежащей внутри угла величины $\alpha\pi$, отличная от постоянного, меньшая всякого числа бо́льшего некоторого постоянного C в окрестности любой граничной точки на конечном расстоянии, а также при $p > 2$ в части окрестности $|x_3| > M$, $|x_4| > M, \dots |x_p| > M$ бесконечно-удаленной точки. Тогда будет одно из двух: либо во всякой точке области D функция $v(P)$ меньше C, либо, каково бы ни было положительно число $k < \frac{1}{\alpha}$, возможно найти последовательность точек $P_1, P_2, \dots P_n, \dots$ стремящихся к бесконечности, такую, что $v(P_n)$ будет больше r_n^k, начиная с достаточно большого n. $(r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2})$. Более того, существует даже последовательность положительных чисел $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_q, \dots$ — стремящаяся к нулю, для каждого из которых возможно найти последовательность точек $P_1^{(q)}, P_2^{(q)}, \dots P_n^{(q)} \dots$ области D, стремящихся к бесконечности так, чтобы имели неравенство:

$$v(P_n^{(q)}) > \varepsilon_q [r_n^{(q)}]^{\frac{1}{\alpha}}.$$

III. Обозначим через ρ и назовем цилиндрическим порядком функции $v(P)$, субгармонической во всем пространстве точек $P(x_1, x_2, \dots x_p)$, наименьшее число, обладающее свойством: при любом ε, $\varepsilon > 0$, неравенство $v(P) < r^{\rho+\varepsilon}$ удовлетворяется, начиная с достаточно большого

$r=\sqrt{x_1^2+x_2^2}$. Если такого числа не существует, то скажем, что наша функция бесконечного цилиндрического порядка. Тогда имеют место теоремы:

a) Если функция $v(P)$, субгармоническая во всем пространстве, ограничена сверху на полуплоскостях, проходящих через общее ребро, каждая из которых составляет со смежной угол не больший чем $\alpha\pi$, а также, в случае $p>2$, для достаточно больших значений $|x_3|, |x_4|, \ldots |x_p|$, то возможно одно из двух: или цилиндрический порядок функции по крайней мере равен $\frac{1}{\alpha}$, или она ограничена во всем пространстве. В последнем случае, при $p=2$, функция тождественно равна постоянному. (В случае $p\geqslant 3$ существуют субгармонические функции, ограниченные во всем пространстве, не обращающиеся в константу.)

b) Предположим, что функция $v(P)$, субгармоническая во всем пространстве, была бы ограничена сверху на всякой полуплоскости, проходящей через общее ребро, или, более обще, на каждой из бесконечного множества полуплоскостей таких, что имеется хотя бы одна полуплоскость во всяком углу произвольно малой величины. Кроме того, в случае $p>2$ предполагается, что $v(P)$ ограничена сверху для всех $x_3, x_4, \ldots x_p$, достаточно больших по абсолютной величине. Тогда, если наша функция не является ограниченной во всем пространстве (при $p=2$ — константа), то она бесконечного цилиндрического порядка.

Поступило
1 XII 1934.

MATHÉMATIQUES

SUR CERTAINES QUESTIONS DE LA THÉORIE DES FONCTIONS SUBHARMONIQUES. I

Par I. PRIVALOV

(*Présenté par N. Lusin, de l'Académie, le 1. XII. 1934*)

Une fonction $v(P)=v(x_1, x_2, \ldots x_p)$ s'appelle s u b h a r m o n i q u e dans un domaine D de l'espace à p dimensions, si elle satisfait aux conditions suivantes:

1°. $v(P)$ est uniforme et semicontinue supérieurement dans le domaine D.

2°. pour chaque point P_0, $P_0 \subset D$, il existe une sphère suffisamment petite de centre P_0 telle, qu'on a l'inégalité:

$$v(P_0)\,\frac{1}{\omega} \leqslant \int v(P)\,d\omega$$

où l'intégrale est étendue au domaine de cette sphère de volume ω.

Dans notre mémoire (Recueil Math., t. 41, 4), ont été établies les propositions suivantes:

I. Soit $v(P)$ une fonction qui jouit des propriétés suivantes:

1°. Elle est subharmonique dans un domaine D.

2°. C étant une constante, à tout point P de la frontière, à l'exception d'une infinité dénombrable de points $P_1, P_2, \ldots$, et à tout nombre $\varepsilon>0$ on peut associer une sphère de centre P telle, qu'en tout point de D appartenant à cette sphère, l'inégalité $v(P)<C+\varepsilon$ soit vérifiée.

3^0. $\overline{PP_n}^{\sigma} \cdot e^{v(P)}$ tend uniformément vers zéro, quand P tend vers P_n, $\sigma > 0$ étant une constante arbitraire.

Dans ces conditions, en tout point de D, l'inégalité $v(P) \leq C$ est vérifiée.

Si, P_0 étant un point intérieur à D, on avait $v(P_0) = C$, $v(P)$ se réduirait à la constante C.

II. Soit $v(P)$ une fonction subharmonique dans un domaine D intérieur à un angle d'ouverture $\alpha\pi$, ne se réduisant pas à une constante, et inférieur à tout nombre supérieur à une certaine constante C au voisinage de tout point situé sur la frontière à distance finie, et d'ailleurs, si $p > 2$, dans la partie du voisinage $|x_3| > M, \ldots |x_p| > M$ du point à l'infini. Dans ces conditions deux cas seulement sont possibles: ou bien, en tout point de D $v(P)$ est inférieur à C, ou bien, quel que soit le nombre positif k inférieur à $\frac{1}{\alpha}$, on pourra trouver une suite de points $P_1, P_2, \ldots P_n, \ldots$ tendant vers l'infini telle que $v(P_n)$ soit supérieur à $r_n^{\,k}$ pour n suffisamment grand ($r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$). On peut même affirmer qu'il existe une suite de nombres positifs $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots \varepsilon_q, \ldots$ tendant vers zéro, pour chacun desquels on peut trouver une suite de points $P_1^{(q)}, \ldots P_2^{(q)}, \ldots P_n^{(q)}, \ldots$ de D tendant vers l'infini, pour lesquels on a l'inégalité:

$$v(P_n^{(q)}) > \varepsilon_q [r_n^{(q)}]^{\frac{1}{\alpha}}$$

III. On désigne par ρ et l'on appelle ordre cylindrique de la fonction $v(P)$, subharmonique dans tout l'espace des points $P(x_1, x_2, \ldots x_p)$, le plus petit nombre jouissant de la propriété suivante:

Quelque petit, que soit le nombre positif fixe ε, l'inégalité $v(P) < r^{\rho+\varepsilon}$ est vérifiée quand $r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$ est suffisamment grand. S'il n'existe pas de nombre vérifiant cette condition, on dit que la fonction est d'ordre cylindrique infini. On a, alors, les théorèmes suivants:

a) Si une fonction $v(P)$, subharmonique dans tout l'espace, est bornée supérieurement sur les demi-plans passant par un axe commun, dont chacune fait avec la suivante un angle non supérieur à $\alpha\pi$; d'ailleurs, si $p > 2$, pour tous les $|x_3|, \ldots |x_p|$ suffisamment grand, deux cas sont possibles: ou bien l'ordre cylindrique de la fonction est au moins égal à $\frac{1}{\alpha}$; ou bien la fonction est bornée supérieurement dans tout l'espace. Dans le dernier cas pour $p = 2$ la fonction se réduit à une constante. (Dans le cas $p \geqslant 3$ il existe des fonctions subharmoniques bornées dans tout l'espace et qui ne sont pas des constantes.)

b) Supposons qu'une fonction $v(P)$, subharmonique dans tout l'espace, soit bornée supérieurement sur chacun des demi-plans passant par un axe commun, ou plus généralement sur une infinité de demi-plans tels qu'il en existe un dans chacune angle. De plus, si $p > 2$, on suppose que $v(P)$ est bornée supérieurement pour toutes les valeurs de $x_3, \ldots x_p$ suffisamment grandes en valeur absolue. Alors, si notre fonction n'est pas bornée dans tout l'espace, nous pouvons affirmer qu'elle est d'ordre infini cylindrique Dans le cas où $p = 2$ elle est ou bien une constante ou bien d'ordre infini.

Manuscrit reçu
le 1. XII. 1934.

МАТЕМАТИКА

Л. В. КАНТОРОВИЧ

О ПРОДОЛЖЕНИИ СЕМЕЙСТВ ЛИНЕЙНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ

(*Представлено академиком С. Н. Бернштейном 11 XI 1934*)

Пусть дано нормированное и полное векториальное пространство [типа (B) в смысле Банаха (1)]. Предположим, что пространство E расположено в некотором более широком пространстве $E_1 \supset E$ того же типа. Тогда, по фундаментальной теореме Банаха и Гана (l. c., стр. 29), всякий линейный функционал, определенный в E, может быть распространен на все пространство E, с той же нормой:

$$|f|_{E_1} = |f|_E.$$

Мы рассмотрим здесь вопрос о продолжении семейства в с е х линейных функционалов, определенных в E, на пространство E_1. Ставим именно следующую проблему:

Можно ли продолжить все линейные функционалы, определенные в E на E_1, сохраняя норму и аддитивность, т. е. так, чтобы

1) $$|f|_{E_1} = |f|_E,$$

2) $$c_1 f_1(x) + c_2 f_2(x) = f(x) \qquad \text{для } x \in E$$

влекло за собой и равенство

$$\text{с } f_1(x) + c_2 f_2(x) = f(x) \qquad \text{для } x \in E_1?$$

Мы покажем здесь, что это продолжение возможно всегда, если пространство E_1 типа B обладает еще некоторым геометрическим свойством и невозможно в общем случае.

Будем называть пространство E_1 к в а з и - к о н в е к с н ы м, если оно обладает следующим свойством: для всякой системы элементов $x_1, x_2, \ldots x_n$ и элемента $x_0 \in E_1$, не принадлежащего к линейному пространству, образованному элементами $x_1, x_2, \ldots, x_n$, найдется такой элемент $\overline{x}_0$ вида:

$$\overline{x}_0 = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \ldots + c_n x_n,$$

что

$$|x_1 - \overline{x}_0| \leqslant |x_1 - x_0|; \ldots; \; |x_n - \overline{x}_0| \leqslant |x_n - x_0|.$$

Мы докажем, что: *если пространство E_1 квази-конвексно, то семейство линейных функционалов, определенных в E, продолжимо на E_1 (с сохранением аддитивности и нормы).*

Д о к а з а т е л ь с т в о. Пусть x_0 некоторая точка, не принадлежащая E. Совокупность линейных функционалов, определенных в E, составляет также некоторое пространство $\overline{E}$ типа B (см. Банах, l. c., стр. 188)

Рассмотрим следующий функционал, определенный в пространстве $\overline{E}$:

$$p(f) = \inf_{\substack{f_1+f_2+\ldots+f_n=f \\ x_1, x_2, \ldots, x_n \in E}} [f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots + |f_n||x_n - x_0|],$$

где нижняя граница должна быть взята относительно всех систем функционалов $f_1, f_2, \ldots f_n$, сумма которых равна f, и всех систем точек $x_1, x_2, \ldots x_n$.

Легко проверить следующие свойства функционала $p(f)$:

1) $$-p(-f) = \sup [f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) - |f_1||x_1 - x_0| - \ldots - |f_n||x_n - x_0|],$$

2) $$p(f) \geqslant -p(-f).$$

Для этого нужно показать, что каковы бы ни были

$$x_1, \ldots, x_n \in E; \quad x_1^*, \ldots, x_m^* \in E;$$
$$f_1, f_2, \ldots, f_n; \quad f_1^*, f_2^*, \ldots, f_m^*; \quad \text{где } f_1 + f_2 + \ldots + f_n = f_1^* + f_2^* + \ldots + f_m^* = f,$$

имеем

$$f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots + |f_n||x_n - x_0| \geqslant$$
$$\geqslant f_1^*(x_1^*) + \ldots + f_m^*(x_m^*) - |f_1^*||x_1^* - x_0| - \ldots - |f_m^*||x_m^* - x_0|.$$

Но действительно, так как пространство E_1 квази-компактно, можно найти точку $\bar{x}_0$ вида:

$$\bar{x}_0 = c_1 x_1 + \ldots + c_n x_n + c_1^* x_1^* + \ldots + c_n^* x_n^*$$

такую, что

$$|\bar{x}_0 - x_1| \leqslant |x_0 - x_1|; \ldots; |\bar{x}_0 - x_n| \leqslant |x_0 - x_n|;$$
$$|\bar{x}_0 - x_1^*| \leqslant |x_0 - x_1^*|; \ldots; |\bar{x}_0 - x_n^*| \leqslant |x_0 - x_n^*|.$$

Тогда, так как $\bar{x}_0 \in E$, имеем:

$$f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots + |f_n||x_n - x_0| \geqslant f(\bar{x}_0) +$$
$$+ f_1(x_1 - \bar{x}_0) + \ldots + f_n(x_n - \bar{x}_0) + |f_1||x_1 - \bar{x}_0| + \ldots + |f_n||x_n - \bar{x}_0| \geqslant$$
$$\geqslant f(\bar{x}_0) \geqslant f(x_0) + f_1^*(x_1^* - \bar{x}_0) + \ldots + f_m^*(x_m^* - \bar{x}_0) - |f_1^*||x_1^* - x_0| - \ldots -$$
$$- |f_m^*||x_m^* - \bar{x}_0| \geqslant f_1^*(x_1^*) + \ldots + f_m^*(x_m^*) - |f_1^*||x_1^* - x_0| - \ldots -$$
$$- |f_m^*||x_m^* - x_0|.$$

Из доказанного свойства следует сразу, что оба числа $p(f)$ и $-p(-f)$ конечны для всякого функционала f.

3) $\quad p(\lambda f) = \lambda p(f), \quad$ для $\quad \lambda \geqslant 0,$

4) $\quad p(f) + p(f^*) \geqslant p(f + f^*).$

Действительно, по определению $p(f)$ и по свойству 1) можно по $\varepsilon > 0$ найти такие точки

$$x_1, \ldots, x_n; \; x_1^*, \ldots, x_m^* \in E$$

и функционалы $f_1, f_2, \ldots, f_n; f_1^*, \ldots, f_m^*$, с суммами

$$f_1 + \ldots + f_n = f; \; f_1^* + \ldots + f_m^* = f^*,$$

что

$$p(f) + p(f^*) + \varepsilon > f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots + |f_n||x_n - x_0| +$$
$$+ f_1^*(x_1^*) + \ldots + f_m^*(x_m^*) + |f_1^*||x_1^* - x_0| + \ldots + |f_m^*||x_m^* - x_0| \geqslant$$
$$\geqslant \inf_{\substack{f_1 + \ldots + f_k = f + f^* \\ x_1, \ldots, x_k \in E}} |f_1(x_1) + \ldots + f_k(x_k) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots + |f_k||x_k - x_0|| =$$
$$= p(f + f^*).$$

Отсюда в виду произвольности ε требуемое неравенство.

5) $\quad \sup_{x \in E} |f(x) - f|x - x_0|| \leqslant -p(-f) \leqslant p(f) \leqslant \inf_{x \in E} |f(x) + |f||x - x_0||.$

Это очевидно потому, что, например,

$$p(f) = \inf_{\substack{f_1 + \ldots + f_n = f \\ x_1, \ldots, x_n \in E}} |f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots + |f_n||x_n - x_0|| \leqslant$$
$$\leqslant \inf_{x \in E} |f(x) + |f||x - x_0|.$$

По одной теореме Банаха (l. c., стр. 29) для функционала p, обладающего свойствами 3) и 4), найдется линейный функционал $\varphi(f)$, удовлетворяющий неравенствам:

$$-p(-f) \leqslant \varphi(f) \leqslant p(f).$$

Положим теперь для точки $\overline{x}$ вида:

$$\overline{x} = x + \alpha x_0,$$

где $x \in E$ и α вещественно,

$$f(\overline{x}) = f(x) + \alpha\varphi(f).$$

Таким образом, мы продолжили все линейные функционалы с E на линейное пространство, построенное на E и x_0.

Очевидно, что это продолжение сохраняет аддитивность и норму.

а) Если мы имели

$$f_1(x) + f_2(x) = f(x) \quad \text{для} \quad x \in E,$$

тогда для $\overline{x} = x + \alpha x_0$

$$f_1(\overline{x}) + f_2(\overline{x}) = f_1(x) + \alpha\varphi(f_1) + f_2(x) + \alpha\varphi(f_2) = f(x) + \alpha\varphi(f) = f(\overline{x}).$$

b) $$|f(\overline{x})| = |f(x) + \alpha\varphi(f)| = |\alpha|\left|f\left(\frac{x}{\alpha}\right) + \varphi(f)\right|$$

но, по 5)

$$f\left(-\frac{x}{\alpha}\right) - |f|\left|\frac{x}{\alpha} + x_0\right| \leqslant \varphi(f) \leqslant f\left(-\frac{x}{\alpha}\right) + |f|\left|\frac{x}{\alpha} + x_0\right|,$$

откуда

$$f(\overline{x}) = |\alpha|\left|f\left(\frac{x}{\alpha}\right) + \varphi(f)\right| \leqslant |\alpha|\,|f|\left|\frac{x}{\alpha} + x_0\right| = |f|\,|\overline{x}|.$$

Теперь достаточно вполне упорядочить все множество $E_1 - E$, чтобы путем последовательных распространений продолжить все функционалы, определенные в E, на пространство E_1, с сохранением нормы и аддитивности.

Замечание 1. *Пространство Гильберта L_2 квази-конвексно.* Пространство L есть пространство суммируемых с квадратом функций $x(t)$, определенных в (a, b), с

$$|x| = \left\{\int_a^b x^2(t)\,dt\right\}^{\frac{1}{2}}.$$

Пусть $x_1, \ldots, x_n \in L_2$ и x_0 функция, линейно независимая от них. Можно представить $x_0(t)$ в виде

$$x_0(t) = \overline{x}_0(t) + x_0^*(t),$$

где $\overline{x}_0$ вида $c_1 x_1 + \ldots + c_n x_n$, а x_0^* ортогональная к $x_1, x_2, \ldots x_n$. Тогда функция $\overline{x}_0$ и есть та, которой существование требуется. Действительно

$$|x_0 - x_i| = \left\{\int_b^a [x_0(t) - x_i(t)]^2\,dt\right\}^{\frac{1}{2}} = \left\{\int_b^a [\overline{x}_0(t) - x_i(t)]^2\,dt + \right.$$

$$\left. + 2\int_a^b x_0^*(t)\,[\overline{x}_0(t) - x_i(t)]\,dt + \int_a^b [x_0^*(t)]^2\,dt\right\}^{\frac{1}{2}} \geqslant \left\{\int_a^b [\overline{x}_0(t) - x_i(t)]^2\,dt\right\}^{\frac{1}{2}} = |\overline{x}_0 - x_i|.$$

Замечание 2. *Пространство M ограниченных функций, определенных в промежутке (a, b) со следующим определением нормы:*

$$|x| = \max_{a \leqslant t \leqslant b} |x(t)|,$$

не является квази-конвексным. Рассмотрим действительно следующие три функции, определенные в промежутке $(0, 3)$: 1) $x_1(t)$, равная 1 в $(0, 2)$ и 0 в $(2, 3)$; 2) $x_2(t)$, равная 0 в $(0,1)$ и 1 в $(1, 3)$; 3) $x_3(t) \equiv 0$. Положим еще $x_0(t) \equiv \frac{1}{2}$, очевидно

$$|x_0 - x_1| = |x_0 - x_2| = |x_0 - x_3| = \frac{1}{2}.$$

Однако не существует, как легко убедиться, функции x_0 вида $x_0(t) = c_1 x_2(t) + c_2 x_2(t)$ такой, чтобы числа $|\overline{x}_0 - x_1|$, $|\overline{x}_0 - x_2|$, $|\overline{x}_0 - x_3|$ были бы все $\leqslant \frac{1}{2}$. Это и показывает, что пространство M не квази-конвексно.

Более того, если мы рассмотрим линейное пространство $T \subset M$, образованное функциями вида $c_1 x_1 + c_2 x_2$, то семейство функционалов в T не может быть распространено на M с сохранением аддитивности и нормы. Рассмотрим действительно три функционала f_1, f_2 и f, заданные в T следующими равенствами:

$$f_1(x_1) = 1;\ f_1(x_2) = 0;\ f_2(x_1) = 0;\ f_2(x_2) = 1;\ f_3(x_1) = f_3(x_2) = 1.$$

Очевидно, что в пространстве T

$$|f_1| = |f_2| = |f| = 1; \quad f_1(x) + f_2(x) \equiv f(x).$$

Однако, если мы распространим эти функционалы с сохранением нормы на M, то должны принять для $x_0(t) \equiv \frac{1}{2}$:

$$f_1(x_0) = f_2(x_0) = f(x_0) = \frac{1}{2},$$

т. е. аддитивность должна быть нарушена, $f(x_0) \neq f_1(x_0) + f_2(x_0)$.

Заметим, что аналогичные примеры могли бы быть построены и для пространства C непрерывных функций.

Замечание 3. Дадим одно приложение доказанной теоремы. Рассмотрим операцию $y = \varphi(x)$, переводящую пространство E точек x на пространство непрерывных функций C. Для всякого значения s: $y(s)$ есть некоторый функционал

$$y(s) = \varphi_s(x).$$

Операция $\varphi(x)$ называется сильно-непрерывной, если

$$\lim_{s \to s_0} |\varphi_s - \varphi_{s_0}| = 0$$

[как известно, класс сильно непрерывных операций совпадает с классом так называемых вполне-непрерывных операций (2)].

Известно, что линейные операции, вообще говоря, не продолжимы (3), но из установленной выше теоремы мы получаем следующее предложение, устанавливающее один случай, когда операции наверное продолжимы:

Если пространство E_1 квази-конвексно; то всякая сильно-непрерывная операция, определенная в $E \subset E_1$, может быть продолжена на пространство E_1.

Действительно, для осуществления этого продолжения достаточно все функционалы вида $a\varphi_{s_1}(x) + b\varphi_{s_2}(x)$ распространить с сохранением аддитивности и нормы на E_1.

Институт математики и механики
при Ленинградском государственном
университете.

Поступило
11 XI 1934.

MATHÉMATIQUES

SUR LE PROLONGEMENT DES FONCTIONNELLES LINÉAIRES

Par L. KANTOROVIČ (KANTOROVITCH)

(*Présenté par S. Bernstein, de l'Académie, le 11. XI. 1934*)

Soit donné un espace vectoriel, normé et complet E [du type (B) de M. Banach (1)] des points x. Supposons que l'espace E est situé dans un espace plus large $E_1 \supset E$ du même type.

Le théorème important de Banach et Hahn (l. c., p. 29) dit que chaque fonctionnelle linéaire définie dans l'espace E peut être étendue à tout l'espace E_1 avec la même norme:

$$|f|_{E_1} = |f|_E$$

Nous étudions ici le problème du prolongement de la famille de toutes les fonctionnelles linéaires définies dans E sur E_1. Nous posons donc le pro-

blème: peut on prolonger toutes les fonctionnelles linéaires définies dans E sur E_1 en conservant la norme et l'additivité, c.-à.-d. de manière que l'on ait:

1) $$|f|_{E_1} = |f|_E,$$

2) $$c_1 f_1(x) + c_2 f_2(x) = f(x) \quad \text{pour} \quad x \in E.$$

entraîne

$$c_1 f_1(x) + c_2 f_2(x) = f(x) \quad \text{pour} \quad x \in E_1.$$

Nous montrerons ici que ce prolongement est possible pour les espaces E_1 du type B jouissant encore d'une certaine propriété géometrique, mais qu'il n'est pas possible dans le cas général.

L'espace E_1 est dit quasi-convexe s'il possède la propriété suivante: pour chaque système fini d'éléments $x_1, x_2, \ldots x_n$ et pour un élément x_0, qui n'appartient pas à l'ensemble linéaire défini par ces points, il existe un elément $\overline{x}_0$ de la forme

$$\overline{x}_0 = c_1 x_1 + \ldots + c_n x_n,$$

tel que

$$|x_1 - \overline{x}_0| \leqslant |x_1 - x_0|; \ldots; |x_n - \overline{x}_0| \leqslant |x_n - x_0|.$$

Nous démontrerons que: *si l'espace E est quasi-convexe, l'ensemble de fonctionnelles linéaires définies dans E est prolongeable sur E_1.*

Démonstration. Soit x_0 un point n'appartenant pas à E. L'ensemble des fonctionnelles définies dans E constitue aussi un espace $\overline{E}$ du type B (v. Banach, l. c., p. 188). Considérons la fonctionnelle suivante définie dans l'espace $\overline{E}$:

$$p(f) = \inf_{\substack{f_1+f_2+\ldots+f_n=f \\ x_1, x_2, \ldots, x_n \in E}} [f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) + |f_1||x_1 - x_0| + \ldots |f_n||x_n - x_0|],$$

où la borne inférieure doit être prise relativement à tous les systèmes de fonctionnelles $f_1, f_2, \ldots f_n$, dont la somme est f et tous les systèmes de points $x_1, x_2, \ldots x_n$.

Il est facile de vérifier que la fonction p jouit des propriétés:

1) $$-p(-f) = \sup_{\substack{f_1+f_2+\ldots+f_n=f \\ x_1, x_2, \ldots, x_n \in E}} [f_1(x_1) + \ldots + f_n(x_n) - |f_1||x_1 - x_0| - \ldots - |f_n||x_n - x_0|],$$

2) $$p(f) \geqslant -p(-f).$$

La démonstration de cette propriété est basée essentiellement sur l'hypothèse que l'espace E_1 est quasi-convexe. Il suit évidemment de cette propriété que les nombres $p(f)$ et $-p(-f)$ sont tous les deux finis pour chaque f.

3) $$\text{Pour } \lambda \geqslant 0; \quad p(\lambda f) = \lambda p(f)$$

4) $$p(f) + p(f^*) \geqslant p(f + f^*).$$

5) $$\sup_{x \in E} [f(x) - |f||x - x_0|] \leqslant -p(-f) \leqslant p(f) \leqslant \inf_{x \in E} [f(x) + |f||x - x_0|].$$

D'après un théorème de M. Banach pour la fonctionnelle $p(f)$ jouissant des propriétés 3), 4), il existe une fonctionnelle additive $\varphi(f)$ telle que:

$$-p(-f) \leqslant \varphi(f) \leqslant p(f).$$

Posons alors pour un point $\overline{x}$ de la forme

$$\overline{x} = x + \alpha x_0,$$

où $x \in E$ et α est réel

$$f(\overline{x}) = f(x) + \alpha\,\varphi(f).$$

Donc nous avons prolongé toutes les fonctionnelles sur l'ensemble linéaire contenant E et x_0. Il est évident que ce prolongement conserve l'additivité et la norme.

a) S'il était

$$f_1(x) + f_2(x) = f(x) \qquad \text{pour } x \in E,$$

alors pour $\overline{x} = x + \alpha x_0$

$$f_1(\overline{x}) + f_2(\overline{x}) = f_1(x) + \alpha\,\varphi(f_1) + f_2(x) + \alpha\,\varphi(f_2) = f(x) + \alpha\,\varphi(f) = f(\overline{x});$$

b) $$|f(\overline{x})| = |f(x) + \alpha\,\varphi(f)| = |\alpha|\left|f\left(\frac{x}{\alpha}\right) + \varphi(f)\right|,$$

mais en vertu de [5]

$$f\left(-\frac{x}{\alpha}\right) - |f|\left|\frac{x}{\alpha} + x_0\right| \leqslant \varphi(f) \leqslant f\left(-\frac{x}{\alpha}\right) + |f|\left|\frac{x}{\alpha} + x_0\right|,$$

d'où

$$f(\overline{x}) = |\alpha|\left|f\left(\frac{x}{\alpha} + \varphi|f|\right)\right| \leqslant |\alpha|\,|f|\left|\frac{x}{\alpha} + x_0\right| = |f|\,|\overline{x}|.$$

Ceci établi, on voit qu'il suffit de bien ordonner l'ensemble $(E_1 - E)$ pour arriver par des extensions successives de la famille des fonctionnelles $f(x)$ suivant le procédé décrit tout à l'heure, à la famille de fonctionnelles définies sur E_1, en conservant l'additivité et les normes.

Remarque 1. *L'espace de Hilbert L_2 est quasi-convexe.*

Remarque 2. *L'espace M de fonctions bornées, avec la définition suivante de la norme*

$$|x| = \max_{a \leqslant t \leqslant b} |x(t)|$$

n'est pas quasi-convexe. Considérons en effet les fonctions suivantes définies dans l'intervalle (0, 3): 1) $x_1(t)$ égale à 1 dans (0, 2) et à 0 dans (2, 3); 2) $x_2(t)$ égale à 0 dans (0,1) et à 1 dans (1, 3); 3) $x_3(t) \equiv 0$. Posons maintenant $x_0(t) \equiv \frac{1}{2}$, on a évidemment

$$|\overline{x}_0 - x_1| = |x_0 - x_2| = |x_0 - x_3| = \frac{1}{2}.$$

Or, il n'existe pas, comme on peut le vérifier aisément, de fonction $\overline{x}_0$ de la forme $\overline{x}_0(t) = c_1 x_1(t) + c_2 x_2(t)$, telle que:

$$|\overline{x}_0 - x_1|,\ |\overline{x}_0 - x_2|,\ |\overline{x}_0 - x_3|$$

fût $\leqslant \frac{1}{2}$. Cela montre que l'espace M n'est pas quasi-convexe.

De plus, considérons l'espace linéaire $T \subset M$ formé de fonctions de la forme $c_1 x_1 + c_2 x_2$, alors la famille de fonctionnelles définies dans T n'est pas prolongeable sur M. Définissons en effet les fonctionnelles f_1, f_2, et f dans T par les relations suivantes:

$$f_1(x_1) = 1;\ f_1(x_2) = 0;\ f_2(x_1) = 0;\ f_2(x_2) = 1;\ f_1(x_1) = f_1(x_2) = 1.$$

Il est évident que dans l'espace T:

$$|f_1| = |f_2| = |f| = 1;\quad f_1(x) + f_2(x) \equiv f(x).$$

Si nous prolongeons ces fonctionnelles sur M en conservant leurs normes, nous devons prendre pour $x_0(t) \equiv \frac{1}{2}$:

$$f_1(x_0) = f_2(x_0) = f(x_0) = \frac{1}{2},$$

Cela montre donc que l'additivité doit être supprimée, $f_1 + f_2 \neq f$.

Remarquons encore qu'on peut construire des exemples analogues dans l'espace C des fonctions continues.

Remarque 3. Donnons une application du théorème demontré.

Considérons une opération

$$y = \varphi(x),$$

qui transforme l'espace E de x dans l'espace C des fonctions continues $y(s)$.

Pour chaque s la valeur $y(s)$ est une fonctionnelle dans E:

$$y(s) = \varphi_s(x).$$

L'opération $\varphi(x)$ est dit fortement continue si l'on a:

$$\lim_{s \to s_0} |\varphi_s - \varphi_{s_0}| = 0.$$

[La classe des opérations fortement continues coincide, comme l'on sait, avec la classe des opérations complètement continues (2)]. Les operations linéaires ne sont pas prolongeables en général (3), mais il s'ensuit de notre théorème la proposition suivante:

Si l'espace E est quasi-convexe, chaque opération fortement continue définie dans $E \subset E_1$ peut être prolongée sur l'espace E_1.

En effet, il suffit dans ce but de prolonger toutes les fonctionnelles dans E [en particulier $\varphi_s(x)$], en conservant leur normes et l'additivité.

Institut de Mathématiques et de Mécanique
de l'Université de Leningrad.

Manuscrit reçu
le 11. XI. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] Banach. Théorie des Opérations linéaires. Warszawa, 1932 [2] Radon. Wien. Ber. (1919), 128, IIa, p. 1083. [3] Г. М. Фихтенгольц и Л. В. Канторович. ДАН, 1934, т. III, стр. 307. G. Fichtenholz et L. Kantorovitch. C. R. Acad. Sci. URSS, 1934, v. III, p. 310.

ФИЗИКА

К. В. НИКОЛЬСКИЙ

О СООТНОШЕНИИ МЕЖДУ УРАВНЕНИЯМИ ПОЛЯ ТЕОРИИ БОРНА-ИНФЕЛЬДА И КВАНТОВЫМ УРАВНЕНИЕМ ДИРАКА

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 14 I 1935*)

1. Квантовое уравнение Дирака можно вывести из следующего вариационного принципа:

$$\delta \int \left(T^{\sigma}_{\cdot\,\sigma} - mc^2 \bar{\psi} \rho_c \psi \right) \sqrt{g}\, d\omega = 0, \qquad (A)$$

где $T^{\sigma}_{\cdot\,\sigma}$ — компоненты тензора энергии.

Как известно, в теории Дирака имеются следующие величины, билинейные в волновой функции ψ:

1°. инварианты $I_1 = \bar{\psi} \rho_c \psi$, $I_2 = \bar{\psi} \rho_b \psi$,

2°. антисимметрический тензор $f_{k4} = \bar{\psi} \rho_b \sigma_k \psi$, $f_{kl} = \bar{\psi} \sigma_i \rho_c \psi$,

3°. антисимметрический тензор третьего ранга

$$k_{ik4} = \bar{\psi} \sigma_k \psi, \quad k_{ikl} = \bar{\psi} \rho_a \psi = k_0.$$

Тождественными преобразованиями мы можем придать инварианту, входящему в вариационный принцип, следующий вид:

$$I_1 = \sqrt{k_0^2 + \sum_{k<l}\sum f_{kl}^2}. \qquad (B)$$

Если мы введем потенциалы φ_k:

$$\beta \cdot f_{kl} = \frac{\partial \varphi_k}{\partial x_l} - \frac{\partial \varphi_l}{\partial x_k},$$

то вариационный принцип получит следующий вид:

$$\delta \int \left\{ T^{\sigma}_{\sigma} - mc^2 \sqrt{k_0^2 + \frac{1}{\beta^2} \sum_{k<l}\sum \left(\frac{\partial \varphi_k}{\partial x_l} - \frac{\partial \varphi_l}{\partial x_k} \right)^2} \right\} \sqrt{g}\, d\omega = 0.$$

Вариируя по φ_k, мы получим систему не-линейных уравнений, описывающих поле(1). Таким образом, мы видим, что двойственность, присущая электрону Дирака, может быть выражена как двойственность электромагнитного поля, а именно устанавливается теорией Борна-Инфельда.

2. Рассмотрим теперь, следуя М. Борну, следующий вариационный принцип:

$$\delta \int \sqrt{-\Delta}\, d\tau = 0, \qquad (C)$$

где

$$\Delta = \begin{vmatrix} -\lambda & -\gamma & \beta - X \\ -\gamma & -\lambda & -\alpha - Y \\ -\beta & \alpha - \lambda & -Z \\ X & Y & Z & \lambda \end{vmatrix} = -\{\lambda^4 + \lambda^2(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - X^2 - Y^2 - Z^2) - (\alpha X + \beta Y + \gamma Z)^2\}.$$

Представляя компоненты антисимметрического тензора как билинейные формы в пока остающихся неопределенными формах, мы получим:

$$(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - X^2 - Y^2 - Z^2) = \sum_{k=1}^{3} [(\bar{\psi} \rho_c \sigma_k \psi)^2 - (\bar{\psi} \rho_b \sigma_k \psi)^2].$$

Далее

$$(\alpha X + \beta Y + \gamma Z)^2 = (\bar{\psi} \rho_b \psi)^2 (\bar{\psi} \rho_c \psi)^2.$$

Тождественными преобразованиями мы установим, что

$$\Delta = [(\bar{\psi} \rho_b \psi)^2 - \lambda^2]\, [(\bar{\psi} \rho_c \psi)^2 + \lambda^2].$$

Если мы положим

$$\lambda^2 = (\bar{\psi} \rho_b \psi)^2 - (\bar{\psi} \rho_c \psi)^2 \quad \text{и} \quad \Delta = (\bar{\psi} \rho_c \psi)^2 (\bar{\psi} \rho_b \psi)^2,$$

то уравнение выполнится тождественно при произвольных величинах ψ, $\bar{\psi}$.

Мы видим, что инвариантный принцип (C) может быть записан в форме

$$\delta \int (\bar{\psi} \rho_c \psi) \sqrt{-(\bar{\psi} \rho_b \psi)^2}\, d\tau = 0,$$

показывающей связь теории Борна-Инфельда с теорией Дирака. Возможность этой связи подсказывается тем, что теория Дирака содержит лишь две константы: радиус электрона $r_0 = e^2/mc^2$ и постоянную тонкой структуры $\alpha = e^2/\hbar c$, определяющую масштаб переменных, x_i, уравнения.

Мы видим, что спин электрона может быть объяснен двойственностью электромагнитного поля.

Математический институт
им. В. А. Стеклова.
Академия Наук СССР.
Москва.

Поступило
14 I 1935.

PHYSIK

ÜBER DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN BORN-INFELDSCHEN FELDGLEICHUNGEN UND DER DIRACSCHEN QUANTENGLEICHUNG

Von K. NIKOLSKIJ

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 14. I. 1935*)

1. Die Diracsche Quantengleichung des Elektrons lasst sich aus einem Variationsprinzip ableiten, welches mit Hilfe des Energietensors $T^{\sigma}_{\cdot\,\varrho}$ wie folgt formuliert werden kann:

$$\delta \int \left(T^{\sigma}_{\cdot\,\varrho} - mc^2 \bar{\psi} \varrho_c \psi \right) \sqrt{g}\, d\omega = 0. \tag{A}$$

In der Diracschen Theorie des Elektrons haben wir bekanntlich die folgenden in den ψ bilinearen Grössen:

1°. die Invarianten $I_1 = \bar{\psi} \varrho_c \psi$, $I_2 = \bar{\psi} \varrho_b \psi$,

2°. den antisymmetrischen Tensor $f_{k4} = \bar{\psi} \varrho_b \sigma_k \psi$; $f_{kl} = \bar{\psi} \sigma_i \varrho_c \psi$,

3°. den antisymmetrischen Tensor

$$k_{ik4} = \bar{\psi} \sigma_k \psi, \quad k_{ikl} = \bar{\psi} \varrho_a \psi = k_0.$$

Wir erhalten durch identische Umformungen:

$$\begin{aligned} I_1 &= \sqrt{k_{ikl}^2 + \sum_{k<l} \sum f_{kl}^2} = \\ &= \sqrt{(\bar{\psi} \varrho_a \psi)^2 + \sum_k (\bar{\psi} \varrho_c \sigma_k \psi)^2 - \sum_k (\bar{\psi} \varrho_b \sigma_k \psi)^2}. \end{aligned} \tag{B}$$

Das Einsetzen von (B) in (A) ergibt

$$\delta \int \left(T^{\sigma}_{\cdot\,\varrho} - mc^2 \sqrt{k_0^2 + \sum_{k<l} \sum f_{kl}^2} \right) \sqrt{g}\, d\omega = 0. \tag{C}$$

Führen wir statt f_{kl} die Potentiale φ_k ein

$$\varrho \cdot f_{kl} = \frac{\partial \varphi_k}{\partial x_l} - \frac{\partial \varphi_l}{\partial x_k},$$

so lautet die Gleichung (C):

$$\delta \int \left(T^{\sigma}_{\cdot\,\varrho} - mc^2 \sqrt{k_0^2 + \frac{1}{\beta^2} \sum_{k<l} \sum \left(\frac{\partial \varphi_k}{\partial x_l} - \frac{\partial \varphi_l}{\partial x_k} \right)^2} \right) \sqrt{g}\, d\omega = 0.$$

Die Variation nach den φ_k ergibt die nichtlinearen Feldgleichungen (1). Wir sind also zu dem Schluss gelangt, dass in der Verschiedenheit der Operatoren für die Geschwindigkeit eines Elektrons sich die doppelte Natur des Feldes (1) offenbart.

2. Als Variationsprinzip wählen wir nach Born (2)

$$\delta \int \sqrt{-\Delta} \cdot d\tau = 0, \tag{D}$$

wobei

$$\Delta = \begin{vmatrix} -\lambda & -\gamma & \beta - X \\ -\gamma & -\lambda & -\alpha - Y \\ -\beta & \alpha - \lambda & -Z \\ X & Y & Z & \lambda \end{vmatrix} = -\{\lambda^4 + \lambda^2(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - X^2 - Y^2 - Z^2) - (\alpha X + \beta Y + \gamma Z)^2\}.$$

Es sei

$$(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - X^2 - Y^2 - Z^2) = \sum_{k=1}^{3} [(\bar{\psi}\rho_c\sigma_k\psi)^2 - (\bar{\psi}\rho_b\sigma_k\psi)^2].$$

Dann gilt

$$(\alpha X + \beta Y + \gamma Z)^2 = (\bar{\psi}\rho_b\psi)^2(\bar{\psi}\rho_c\psi)^2.$$

Wir erhalten durch identische Umformungen:

$$\Delta = [(\bar{\psi}\rho_b\psi)^2 - \lambda^2][(\bar{\psi}\rho_c\psi)^2 + \lambda^2].$$

Setzen wir

$$\lambda^2 = (\bar{\psi}\rho_b\psi)^2 - (\bar{\psi}\rho_c\psi)^2,$$

so wird identisch

$$\Delta \equiv (\bar{\psi}\rho_c\psi)^2(\bar{\psi}\rho_b\psi)^2.$$

Setzt man dieses in (D) ein, so wird die Gleichung (D)

$$\delta \int (\bar{\psi}\rho_c\psi)\sqrt{-(\bar{\psi}\rho_b\psi)^2}\, d\tau = 0. \tag{E}$$

Es schien uns von Interesse, die Art der Verbindung der Born-Infeldschen Feldgleichungen und der Diracschen Theorie des Elektrons nachzuweisen.

Wir bemerken nun, dass die Diracsche Theorie des Elektrons nur zwei universelle Konstanten hat, nämlich:

1^0 $r_0 = \frac{e^2}{mc^2}$ d. h. Radius des Elektrons

2^0 $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$ die Feinstrukturkonstante.

Wir sehen auch, dass der Spin des Elektrons nichts anderes ist als die doppelte Natur des Feldes im Sinne der Born-Infeldschen Feldtheorie.

Stekloffsches mathematisches Institut
der Akademie der Wissenschaften
der UdSSR. Moskau.

Eingegangen
d. 14. I. 1935.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

1 M. Born. Nature, **132**, p. 282. 2 A. S. Eddington. Mathematische Grundlagen der Relativitätstheorie. Springer, p. 345. — M. Born. Proc. Roy. Soc. (A), **143**, 410.

ФИЗИКА

М. Ф. ВУКС и Е. Ф. ГРОСС

О СПЕКТРАХ РАМАНА АМОРФНЫХ ТЕЛ

(*Представлено академиком И. В. Гребенщиковым 7 XI 1934*)

При исследовании спектров рассеяния аморфных тел, содержащих кремнезем (плавленый кварц и стекло), было обнаружено [1], что эффект Рамана у этих веществ имеет характер широких размытых полос. Полосы расположены в тех же областях спектра где лежат и линии спектра Рамана кристаллического кварца. Это дает возможность сделать заключение, что появление их в вышеупомянутых аморфных телах в основном связано с кремнеземом.

Можно думать, что характер Раман-эффекта в плавленом кварце и кремнеземистых стеклах — значительная размытость линии в противоположность сравнительно узким линиям, наблюдаемым почти во всех других телах (газах, жидкостях и кристаллах),— тесно связан со структурой аморфного состояния вообще. Можно предполагать, что в процессе затвердевания расплавленной массы в аморфное тело молекулы подвергаются деформациям неодинаковым для различных молекул, что и вызывает заметную неопределенность в частотах собственных колебаний молекул. Возможно также, что появление Раман-спектра в виде широких полос у таких аморфных тел, как кремнеземистые стекла, обусловлено тем, что они представляют собой смеси молекул разнообразного состава. Тогда широкие полосы в Раман-спектре могут явиться результатом наложения узких Раман-линий этих молекул. Может быть и изменение структуры молекул в процессе затвердевания и охлаждения находит себе отражение в спектре рассеяния. Опыты с таким стеклообразным веществом как твердый полимеризованный стирол $(C_8H_8)_n$ [2], показали, что линии Рамана в нем такие же резкие, как в жидком монострироле C_8H_8. Отсюда следует, что не всегда переход в стеклообразное состояние связан с размытием линий Раман-спектра и что, повидимому, различие в характере спектров вызвано различием в структуре стирола и кремнеземистых стекол. Полистирол имеет несомненно более упорядоченную структуру, чем кремнеземистые стекла.

Для освещения вопроса о природе расширения линий Рамана и о возможной связи ее со структурой аморфного состояния мы в настоящей работе предприняли исследование спектров рассеяния ряда веществ в аморфном состоянии, по возможности простого химического состава. Нами были исследованы борный ангидрид (B_2O_3), бура ($Na_2B_4O_7$), метафосфорная (HPO_3) и пирофосфорная ($H_4P_2O_7$) кислоты.

В нижеприведенной таблице приведены частоты колебаний молекул в $см^{-1}$, вычисленные из их Раман-спектров. Рядом приводится соответствующая инфракрасная длина волны в микронах. В спектре борного ангидрида наблюдается одна интенсивная и резкая линия $\nu = 810$ $см^{-1}$, ширина которой не превышает 5 $см^{-1}$, т. е. не отличается по порядку величины от обычно наблюдаемой ширины. Две другие линии $\nu = 1120$ $см^{-1}$ и $\nu = 1257$ $см^{-1}$ очень слабы, так что их очертания трудно распознать. Несомненно однако, что ширина их не отличается заметно от линии $\nu = 810$ $см^{-1}$. В Раман-спектре буры наблюдается полоса около $\nu = 760$ $см^{-1}$, также сильно выделяющаяся по своей интенсивности из всего спектра.

Повидимому, эта частота соответствует той же связи, как и частота $\nu = 810$ см$^{-1}$ в борном ангидриде. Но ширина этой линии в буре около 40 см$^{-1}$, т. е. много больше, чем в борном ангидриде.

B_2O_2		$Na_2B_4O_7$		HPO_3		$H_4P_2O_7$	
ν	λ	ν	λ	ν	λ	ν	λ
		430— 535	18.69—23.26	684	14.64	680	14.70
810	12.35	740— 780	12.82—13.51	1093	9.15	1097	9.11
1120	8.93	950—1000	10.00—10.53	1144	8.74	1152	8.68
1257	7.96	1077—1127	8.83— 9.28	1261	7.93	1290	7.75
		1310—1520	6.58— 7.63				

Кроме этой полосы, в спектре буры имеется несколько менее интенсивных, но более широких полос. Самая широкая полоса обнимает область $\nu = 1310$—1520 см$^{-1}$, т. е. шириной больше 200 см$^{-1}$. Аморфные мета- и пирофосфорная кислоты обнаруживают такой же размытый спектр, с шириной линии порядка 50^{-1}—100 см$^{-1}$.

Следует еще заметить, что исследование стеклообразного метасиликата (Na_2SiO_3), о котором подробно будет сообщено в другой работе, показало, что и в этом веществе линии Рамана также сильно размыты.

Таким образом, во всех исследованных нами аморфных телах, за исключением борного ангидрида, Раман-эффект представляется в виде широких полос. Чтобы выяснить вопрос, не связано ли наблюдаемое расширение с окончательным затвердеванием аморфной массы в стекло, с переходом через температуру T_g при остывании, было исследовано кремнеземистое стекло при температуре около 530°C. (т. е. значительно выше температуры T_g, равной для стекла приблизительно 400—450°C). Никаких изменений в характере Раман-линии обнаружено не было. Это подверждает и Раман-спектр пирофосфорной кислоты, исследованный при температуре выше T_g.

Следует еще раз отметить любопытную особенность Раман-спектра борного ангидрида, по резкости линии столь отличного от спектра других аморфных тел. Может быть борный ангидрид отличается от них по строению, приближаясь по упорядоченности в расположении молекул к полимеризованному телу типа полистирола, и это получает отражение в его Раман-спектре.

Физический институт
Ленинградского государственного университета.

Поступило
7 XI 1934.

PHYSIK

ÜBER DIE RAMANSPEKTREN AMORPHER STOFFE

Von E. GROSS und M. VUKS

(*Vorgelegt von I. Grebenščikov, Mitglied der Akademie, d. 7. XI. 1934*)

Bei Untersuchung der Streuung durch amorphe silikahaltige Körper (geschmolzener Quarz und Glas) wurde festgestellt (1), dass die Raman-Spektren dieser Stoffe aus breiten diffusen Banden bestehen. Diese Banden liegen in demselben Spektralgebiet wie die Raman-Linien des kristallinischen Quarzes und verdanken offenbar ihren Ursprung dem Silikagehalt dieser Stoffe. Es wäre denkbar, dass ihre Verwaschenheit ein ganz allgemeines Kennzeichen des amorphen Zustandes sei. Es ist möglich, dass im Prozess der Erstarrung der geschmolzenen Masse zu einem amorphen Körper die Moleküle Deformationen erleiden, die für verschiedene Moleküle verschieden sind, was eine gewisse Unbestimmtheit der Eigenschwingungen zur Folge hat.

Die Breite der Raman-Banden kann auch dadurch erklärt werden, dass solche amorphe Stoffe wie, z. B., silikahaltige Gläser ein Gemisch von Molekülen verschiedener Zusammensetzung sind. In diesem Falle entstehen diese breiten Banden infolge von Überlagerung einzelner feiner Raman-Linien dieser Moleküle. Möglicherweise übt auch die Änderung der molekularen Struktur im Prozess der Abkühlung und Erstarrung einen Einfluss auf die Streuungsspektra aus.

Allein, Versuche(2) mit einem solchen glasartigen Körper, wie das feste polymerisierte Styrol $(C_8H_8)_n$, haben gezeigt, dass seine Raman-Linien ebenso scharf, wie im flüssigen Monostyrol sind. Somit ist der Übergang in den glasartigen Zustand nicht immer mit einer Verwaschung der Raman-Linien verbunden. Der Unterschied im Charakter der Spektra ist wahrscheinlich in der Verschiedenheit der molekularen Struktur des Styrols und der silikahaltigen Gläser zu suchen, da dem ersteren zweifellos eine höher geordnete Struktur zukommt.

Um den Zusammenhang der Verbreiterung der Raman-Linien mit der Struktur des amorphen Zustandes aufzuklären, haben wir in der vorliegenden Arbeit die Raman-Spektra einer Reihe möglichst einfacher Stoffe im amorphen Zustand untersucht. Zur Untersuchung gelangten: Boroxyd (B_2O_3), Borax ($Na_2B_4O_7$), die Metaphosphor- und die Pyrophosphorsäuren (HPO_3 und $H_4P_2O_7$). Tabelle (S. 215) enthält die Schwingungsfrequenzen dieser Moleküle in cm^{-1}, die aus ihren Raman-Spektren berechnet sind. Daneben sind die zugehörigen ultra-roten Wellenlängen in μ angegeben.

Im Spektrum des Boroxyd tritt eine sehr intensive und scharfe Linie $\nu = 810\ cm^{-1}$ auf, deren Breite 5 cm^{-1} nicht übersteigt, d. h. von der gewöhnlich beobachteten Grössenordnung ist. Zwei andere Linien $\nu = 1120\ cm^{-1}$ und $\nu = 1257\ cm^{-1}$ sind sehr schwach, so dass ihre Gestalt nur schwer zu erkennen ist. Zweifellos aber unterscheiden sie sich ihrer Breite nach von der Linie $\nu = 810\ cm^{-1}$ nicht merklich. Im Raman-Spektrum von Borax wird eine Bande um $\nu = 760\ cm^{-1}$ beobachtet, die sich durch ihre Intensität auszeichnet. Sie scheint derselben Bindung zu entsprechen, wie die Frequenz $\nu = 810\ cm^{-1}$ im Boroxydspektrum. Doch ist die Breite dieser Linie im Borax etwa 40 cm^{-1}, d. h. viel grösser als in Boroxyd. Ausser dieser Bande enthält das Spektrum von Borax noch einige schwächere und wesentlich breitere

Banden. Die breiteste von ihnen umfasst das Gebiet $\nu = 1310$ cm^{-1}—1520 cm^{-1}, also mehr als 200 cm^{-1}.

Die amorphen Meta- und Pyrophosphorsäuren zeigen ein ähnliches verwaschenes Spektrum mit von 50 cm^{-1} bis 100 cm^{-1} breiten Banden.

Es sei noch bemerkt, dass die Untersuchung des glasartigen Metasilikats (Na_2SiO_3) auch ähnliche verwaschene Raman-Linien aufwies. (Über die Ergebnisse dieser Arbeit wird an anderer Stelle näher berichtet).

Somit äussert sich der Raman-Effekt in allen untersuchten amorphen Stoffen mit Ausnahme von Boroxyd in breiten verwaschenen Banden. Um zu entscheiden, ob nicht die beobachtete Verbreiterung bei Überschreiten der T_g-Temperatur der Substanz auftritt, wurde Silikaglas bei 530° C untersucht (die T_g für Glas liegt bei 400—450°C). Es wurde keine Änderung in dem Charakter des Raman-Spektrums wahrgenommen.

Dies bestätigt auch das Raman-Spektrum der Pyrophosphorsäure, bei dem ebenfalls die T_g-Temperatur überschritten wurde.

Es sei hier noch einmal auf die Eigentümlichkeit des Boroxydspektrums hingewiesen, das sich durch Linienschärfe von den Spektren der übrigen amorphen Stoffe unterscheidet. Vielleicht liegt der Grund dieser Verschiedenheit in der molekularen Struktur des Boroxyds, die wahrscheinlich einen geordneten Charakter aufweist, wie etwa ein polymerisierter Körper der Art des Polystyrols. Diese Gesetzmässigkeiten finden dann in seinem Raman-Spektrum ihren Ausdruck.

Physikalisches Institut
der Universität
Leningrad.

Eingegangen
d. 7. XI. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] E. Gross u. M. Romanowa. ZS. f. Phys., **55**, 744, 1929. [2] R. Signer u. I. Weiler. Helv. Chem. Acta, **15**, 649, 1932.

ФИЗИКА

Л. В. ГРОШЕВ

О КРИСТАЛЛ-ФОТОЭФФЕКТЕ НА ЕСТЕСТВЕННО-ОКРАШЕННОЙ КАМЕННОЙ СОЛИ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 1 IX 1934*)

Дембер ([1]) наблюдал появление электродвижущей силы на кристаллах куприта при освещении (кристалл-фотоэффект). Существование эффекта было доказано также для некоторых других полупроводников и изоляторов ([2]). Однако, в отношении наличия эффекта на окрашенной каменной соли имеются противоречивые указания ([3]).

Нами был проведен ряд опытов по кристалл-фотоэффекту на окрашенных лучами радия кристаллах NaCl. В отличие от других исследователей мы имели неравномерно окрашенные образцы, в которых густота окраски (концентрация красящих центров) резко изменялась по направлению от одного электрода к другому. Исследуемый кристалл с нанесенными на него электродами помещался в герметически закрытый сосуд с хлористым кальцием. Один электрод кристалла заземлялся, другой соединялся с электрометром и наблюдалась зарядка электрометра при освещении образца.

Опыты показали, что на некоторых образцах NaCl при равномерном боковом освещении наблюдается появление электродвижущей силы между

электродами. Если в таком кристалле в одном из электродов имелось отверстие для прохождения света, то электродвижущая сила наблюдалась также и при продольном освещении кристалла. Во втором случае имелись условия, аналогичные тем, при которых наблюдается эффект Дембера на кристаллах куприта.

В отличие от полупроводников на изоляторах сильно сказываются возникающие внутри кристалла объемные заряды, вызывая этим уменьшение эффекта. Поэтому измерения должны производиться достаточно редко.

Табл. 1 дает указания о повторяемости измерений для кристалла № 8.

Таблица 1 — Tabelle 1

Время затемнения Die Zeit der Verdunkelung	Электродвижущая сила Elektromotorische Kraft
0h	0.24 V
48 h	0.22 V
55h	0.24 V

Табл. 2 дает величины наблюдаемых электродвижущих сил.

Таблица 2 — Tabelle 2

№ кристалла Kristall-Nummer	Электродвижущая сила Elektromotorische Kraft
8	0.24 V
11	0.20 V
18	0.29 V
29	0.80 V

Восстановление эффекта при затемнении показывает, что он не вызывается рассасыванием объемных зарядов (возникающих при окрашивании), которые устраняются приблизительно двухчасовым предварительным освещением.

Аналогичные опыты, проделанные на KCl и KBr не привели к определенным выводам, ввиду крайней неустойчивости красящих центров в этих образцах.

Отметим еще раз, что вышеописанный эффект наблюдается не во всех образцах. Обычно он имеет место на сильно окрашивающихся кристаллах. Это приводит к предположению, что эффект как-то связан с наличием примесей и нарушений в решетке.

Образование электродвижущей силы при освещении неравномерно окрашенного кристалла NaCl можно объяснить диффузией свободных электронов из мест большей концентрации в места меньшей концентрации ([4]). Запас наблюдаемой электродвижущей силы согласуется с теоретическими указаниями Тейхмана.

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова. Академия Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
1 IX 1934.

PHYSIK

ÜBER DEN KRISTALLPHOTOEFFEKT AN NATÜRLICH GEFÄRBTEN STEINSALZKRISTALLEN

Von L. GROŠEV

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 1. IX. 1934*)

Dember (1) hat die Entstehung der elektromotorischen Kraft an Kupritkristallen bei Belichtung (Kristallphotoeffekt) beobachtet. Das Vorhandensein des Effekts wurde auch für einige andere Halbleiter und Isolatoren (2) festgestellt. Aber inbezug auf das Auftreten des Effektes an gefärbten Steinsalzkristallen gehen die Meinungen auseinander (3).

Wir haben eine Reihe von Versuchen über den Kristallphotoeffekt an mit Radiumstrahlen gefärbten natürlichen Steinsalzkristallen durchgeführt. Abweichend den anderen Forschern hatten wir hier mit ungleichmässig gefärbten Exemplaren zu tun, in denen die Intensität der Färbung (Die Konzentration der Farbzentren) in der Richtung von einer Elektrode zur anderen scharfe Veränderungen aufwies. Der zu untersuchende Kristall wurde mit Elektroden versehen und in ein hermetisch verschlossenes Gefäss mit Chlorkalzium gesetzt. Die eine Elektrode wurde geerdet, die andere mit dem Elektrometer verbunden und dann wurde die Ladung des Elektrometers bei Belichtung des Kristalles beobachtet.

Die Versuche zeigten, dass an einigen NaCl-Kristallen bei gleichmässiger Seitenbelichtung Auftreten einer elektromotorischen Kraft zwischen den beiden Elektroden beobachtet werden kann. Wenn in diesem Falle in einer der Elektroden eine Öffnung für den Durchgang des Lichtes vorhanden war, so wurde die elektromotorische Kraft auch bei längsgerichtete Belichtung des Kristalles beobachtet. Hier liegen Bedingungen vor, die analog denen waren, unter denen der Dembereffekt an Kupritkristallen beobachtet wird.

Zum Unterschied von den Halbleitern unterliegen die Isolatoren starken Einwirkungen der sich im Inneren der Kristalle bildenden Raumladungen, die eine Verringerung des Effekts verursachen.

Darum müssen die Messungen in grösseren Zeitabständen von einander vorgenommen werden.

Tabelle 1 (S. 218) gibt Hinweise auf die Reproduzierbarkeit der Messungen für den Kristall № 8.

Tabelle 2 (S. 218) veranschaulicht die Grössen der beobachteten elektromotorischen Kräfte.

Die Wiederherstellung des Effektes nach Verdunkelung beweist, dass er nicht durch die Beseitigung der Raumladungen (die bei der Färbung entstehen) hervorgerufen wird. Diese Raumladungen können durch eine ungefähr 2 Stunden dauernde Belichtung beseitigt werden.

Analoge Versuche an synthetischen KCl- und KBr-Kristallen ergaben keine bestimmten Resultate infolge der äussersten Unbeständigkeit der Farbzentren in diesen Kristallen.

Wir betonen noch einmal, dass der obenbeschriebene Effekt sich nicht an allen Kristallexemplaren beobachten lässt. Gewöhnlich findet er an stark sich färbenden Kristallen statt. Dieses führt zur Vermutung,

dass der Effekt irgenderweise mit dem Vorhandensein von Beimischungen und Gitterstörungen verbunden sein muss.

Das Entstehen der elektromotorischen Kraft bei Belichtung eines ungleichmässig gefärbten NaCl-Kristalls kann man durch die Diffusion der freien Elektronen aus den Gebieten höherer Konzentration in Gebiete von geringerer Konzentration erklären (4).

Die beobachtete elektromotorische Kraft stimmt mit den theoretischen Angaben Teichmann von überein.

Stekloffsches Physikalisch-mathematisches Institut der Akademie der Wissenschaften. Leningrad.

Eingegangen d. 1. IX. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Dember. Phys. ZS., **32**, 554, 856, 1931; **33**, 207, 1932. [2] Dember. Maturwissenschaften, **20**, 758, 1932. — Pelz. Naturwissenschaften, **21**, 517, 1933. — Robertson. Fox, Martin. Nature, **129**, 579. 1932. [3] Немёнов. ЖЭТФ. **2**, 193, 1932. Pelz. Sitzungsberichte Wiener Akad., Abt. II. 142, H. 9—10, 1933. [4] Teichman. Proc. Roy. Soc., **139**, 105, 1932; Phys. ZS., **34**. 233, 1933; ZS. f. Phys., **87**, 264, 1934.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

К. К. АНДРЕЕВ

О ГОРЕНИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

(*Представлено академиком Н. Н. Семеновым 20 X 1934*)

Как известно, для большинства бризантных взрывчатых веществ могут наблюдаться два типа самораспространяющегося разложения — горение и детонация, резко отличающиеся друг от друга, в первую очередь по порядку скорости распространения (миллиметры в секунду для горения и километры в секунду для детонации).

Обычно при вторичных взрывчатых веществах горение возникает при простом зажигании горячим пламенем, детонация же вызывается специальными методами (капсюль-детонатор, сильный механический удар и т. п.). Однако, в известных условиях детонация может возникать и спонтанно во время горения.

В то время как детонация изучалась сравнительно подробно, главным образом в направлении влияния на скорость ее различных параметров системы, для горения количественные данные отсутствуют. Между тем знание этих данных и особенно условий перехода горения в детонацию существенно не только для понимания механизма самого горения, но и для выяснения механизма детонации, в частности, для проверки тех представлений об ее возникновении и распространении, которые развивались автором совместно с Ю. Б. Харитоном.*

* ДАН, I, 402 (1934).

Из ряда вторичных взрывчатых веществ наиболее удобными для изучения оказались жидкий нитрогликоль и твердый кристаллический тетрил.*

Для этих двух веществ была определена скорость горения и изучено влияние на нее диаметра трубки, температуры и кубической плотности Δ (для тетрила).

Взрывчатое вещество помещалось в вертикальной стеклянной трубке длиной около 5 см, заткнутой пробкой или запаянной с нижнего конца, и зажигалось сверху язычком газового пламени. Время горения фиксировалось секундомером.

Таблица 1—Tabelle 1

Влияние диаметра трубки на скорость горения нитрогликоля

Einfluss des Röhrendurchmessers auf die Verbrennungsgeschwindigkeit von Nitroglykol

№	Внутренний диаметр трубки в мм Innerer Durchmesser der Röhre in mm	Длина столбика нитрогликоля в мм Länge der Nitroglykolsäule in mm	Время горения в мин. Verbrennungsdauer in min.	Скорость горения в см/мин. Verbrennungsgeschw. in cm/min.	Среднее Mittelwert	Примечание Anmerkungen
1	24.0	49.2	3.00	1.64	1.65	
2	23.8	49.5	2.98	1.66		
3	17.7	47.0	2.785	1.685	1.72	
4	17.7	55.5	3.16	1.755		
5	17.6	50.3	2.94	1.71		
6	12.1	55.5	3.29	1.68	1.68	
7	12.1	54.0	3.21	1.68		
8	7.2	52.0	2.55	2.04	(2.04)	
9	5.1	57.0	3.43	1.66	1.66	
10	4.8	54.3	2.90	1.87	1.87	
11	4.0	58.5	3.15	1.86		
12	3.4	55.5	2.94	1.89	1.89	
13	1.7	—	—	—	—	Потух, но после вторичного зажигания догорел Erlosch, brannte aber nach neuer Zündung ab
14	1.7	55.5	3.29	1.69	1.69	

* Остальные испытанные взрывчатые вещества оказались неспособными к устойчивому горению даже при применявшихся больших диаметрах и кубических плотностях. Так, при диаметре трубки 18 мм потухали: пентаэритриттетранитрат даже при $\Delta = 0.9$, пикриновая кислота при $\Delta = 1.0$ и тротил при $\Delta = 0.95$. Жидкий нитроглицерин воспламеняется, но быстро при явлении, напоминающем местную вспышку и сопровождающемся расплескиванием, тухнет. В одном опыте при настойчивом зажигании он дал детонацию.

Оба взрывчатые вещества оказались способными в этих условиях к стационарному горению, с постоянной скоростью, не зависящей от длины трубки. Это горение протекает следующим образом, отчетливо наблюдающимся для нитрогликоля особенно в узких трубках.

Факел пламени, образовавшийся при зажигании у верхнего конца трубки, быстро тухнет, и слабо светящаяся зона горения шириною около миллиметра медленно продвигается вниз. Продукты горения нитрогликоля содержат много окислов азота и соответственно горючих составных частей и при контакте с воздухом способны гореть: при более широких трубках факел пламени у верхнего конца трубки сохраняется во все время горения.

Ни при одном опыте с нитрогликолем и тетрилом перехода горения в детонацию не наблюдалось.

Влияние диаметра трубки

Изменение диаметра трубки в довольно широких пределах не отражается на величине скорости горения нитрогликоля (табл. 1); для тетрила при меньших диаметрах намечается слабо выраженная тенденция к некоторому увеличению скорости с уменьшением диаметра (табл. 2).

Для обоих веществ имеется некоторый, для данных условий предельный, диаметр трубки, ниже которого горение не распространяется. Величина этого минимального диаметра зависит от условий опыта: от

Таблица 2—Tabelle 2

Влияние диаметра трубки на скорость горения тетрила

Einfluss des Röhrendurchmessers auf die Verbrennungsgeschwindigkeit von Tetryl

№	Внутренний диаметр трубки Innerer Durchmesser der Röhre in mm	Кубическая плотность Kubische Dichte	Высота столбика тетрила Länge der Tetrylsäule in mm	Время горения в мин. Verbrennungsdauer in min.	Скорость горения Verbrennungsgeschw. in cm/min.	Среднее Mittelwert	Примечание Anmerkung
1	28.6	0.85	45.0	0.90	5.00	4.99	
2	28.5	0.85	47.3	0.95	4.98		
3	28.7	0.84	50	1.00	5.00	4.92	
4	23.9	0.85	48.3	1.00	4.83		
5	17.1	0.85	45.0	0.77	5.84	5.57	
6	17.1	0.84	45.1	0.85	5.30		
7	12.8	0.85	52.5	0.91	5.77	5.66	
8	12.8	0.87	53.2	0.96	5.54		
9	7.5	0.86	52.0	—	—	—	Тухнет Erlischt
10	7.4	0.88	54.7	—	—		Тухнет Erlischt

кубической плотности (для тетрила), возрастая с ее уменьшением, от размеров и характера кристаллов* и повидимому от начальной температуры. Для исследованного образчика тетрила минимальный диаметр при 20° лежит между 12 и 8 мм, для нитрогликоля при той же температуре ниже 2 мм.

Кубическая плотность (для тетрила)

Увеличение кубической плотности уменьшает скорость горения (табл. 3), благоприятно влияя в то же время на самую способность к горению, так что для данных условий диаметра и физического состояния существует некоторая минимальная плотность, ниже которой горение не распространяется. Так при $\Delta = 0.65$ тетрил тухнет даже в трубке диаметром 24 мм; при $\Delta = 0.86$ стационарное горение имеет место еще при диаметре в 13 мм.

Такое двойственное влияние кубической плотности повидимому объясняется тем, что при ее уменьшении продукты горения легче (т. е. при данном давлении на большую глубину) могут проникать в еще не сгоревший кристаллический порошок, в соответствии с чем естественно возрастает общая скорость распространения горения, однако, лишь до некоторого предела, когда глубина проникновения газов, а следовательно

Таблица 3—Tabelle 3

Влияние кубической плотности на скорость горения тетрила

Einfluss der kubischen Dichte auf die Verbrennungsgeschwindigkeit von Tetryl

№	Высота столбика тетрила Länge der Tetrylsäule in mm	Время горения в мин. Verbrennungsdauer in min.	Скорость горения в см/мин. Verbrennungsgeschw. in cm/min.	Среднее Mittelwert	Кубическая плотность Kubische Dichte	Примечание Anmerkungen
1	46.2	1.08	4.27	4.37	1.07	Внутренний диаметр трубки 24 мм Innerer Röhrendurchmesser 24 mm
2	49.5	1.11	4.46		1.04	
3	50.0	1.00	5.00	4.92	0.84	
4	48.3	1.00	4.83		0.85	
5	50.4	1.04	4.84	5.28	0.75	
6	50.2	0.93	5.41		0.74	
7	49.3	—	—	—	0.65	Тухнет Erlischt
8	47.8	—	—	—	0.65	Тухнет Erlischt

* Ряд образчиков кристаллизованного тетрила, различающихся по размерам кристаллов и их структуре, давал значительно отличающиеся значения предельных кубической плотности и диаметра.

Таблица 4—Tabelle 4

Влияние температуры на скорость горения нитрогликоля

Einfluss der Temperatur auf die Verbrennungsgeschwindigkeit von Nitroglykol

№	Высота столбика нитрогликоля в мм Länge der Nitroglykolsäule in mm	Время горения в мин. Verbrennungsdauer in min.	Скорость горения в см/мин. Verbrennungsgeschw. in cm/min.	Среднее Mittelwert	Средняя скорость по отношению к высоте при 15° Mittelgeschwind. bezogen a. d. Höhe bei 15°	Температура в °C Temperatur in °C	Примечания Anmerkungen
1	51.5	3.30	1.56	1.55	1.57	0	
2	52.5	3.39	1.55			0	
3	56.0	3.16	1.77	1.75	1.73	20	Внутренний диаметр трубки 17—18 мм Innerer Röhrendurchmesser 17—18 mm
4	50.8	2.94	1.73			20	
5	50.5	2.66	1.90	1.90	1.86	40	
6	49.5	2.62	1.89			40	
7	51.0	2.41	2.12	2.09	2.03	60	
8	51.0	2.47	2.06			60	
9	49.0	2.14	2.29	2.30	2.20	80	
10	49.0	2.13	2.30			80	
11	49.0	1.96	2.50	2.54	2.38	100	
12	49	1.91	2.57			100	

и количество вещества, на которое они будут воздействовать, станут столь большими, что газы не смогут его воспламенить. В соответствии с этим представлением горение вблизи предельной плотности перестает быть равномерным и приобретает пульсирующий характер.

Начальная температура

С повышением температуры скорость горения, как следовало ожидать, возрастает, хотя и сравнительно незначительно: увеличение температуры на 100° увеличивает скорость только в 1.5—2 раза (табл. 4 и 5).

Характер возрастания скорости как для тетрила, так и для нитрогликоля близок в изученном интервале к линейному, особенно если вычислять скорость для высоты столбика взрывчатого вещества при постоянной температуре.

Температура горения

Была сделана попытка измерить для нитрогликоля температуру горения путем введения в жидкость через дно трубки серебряной и медной проволочек толщиной в 0.25 мм с заостренными концами. При двукратном опыте наблюдалось оплавление серебряной проволочки

Таблица 5—Tabelle 5

Влияние температуры на скорость горения тетрила

Einfluss der Temperatur auf die Verbrennungsgeschwindigkeit von Tetryl

№	Кубическая плотность Kubische Dichte	Высота столбика тетрила Länge der Tetrylsäule in mm	Время горения в мин. Verbrennungsdauer in min.	Скорость горения в см/мин. Verbrennungsgeschw. in cm/min.	Среднее Mittelwert	Температура в °C Temperatur	Примечание Anmerkungen
1	0.87	51	1.04	4.90	5.08	0	
2	0.88	51	0.97	5.26		0	
3	0.89	52.2	0.93	5.62	5.63	20	
4	0.89	48.0	0.85	5.64		20	
5	0.89	53	0.83	6.33	6.38	40	
6	0.89	50	0.78	6.38		40	
7	0.88	53	0.79	6.71	7.09	60	
8	0.89	54.5	0.73	7.47		60	
9	0.87	55	0,65	8.48	8.24	80	
10	0.88	53	0.66	7.99		80	
11	0.91	52	0.57	9.12	9.10	100	
12	0.90	54	0 60	9.08		100	

и отсутствие оплавления медной. Таким образом, температура горения лежит между 960 и 1080°, т. е. значительно ниже, чем температура детонации ($>4000°$ C).

Институт организации и охраны труда специальной промышленности. Москва.

Поступило 25 IX 1934.

PHYSIK

ÜBER DIE VERBRENNUNG VON EXPLOSIVSTOFFEN

Von K. ANDREJEV

Vorgelegt von N. Semenov, Mitglied der Akademie, d. 20. X. 1934)

Bei den meisten brisanten Explosivstoffen lassen sich bekanntlich zwei Typen selbständig sich fortpflanzender Zersetzung — Verbrennung und Detonation — beobachten, die sich scharf voneinander unterscheiden und zwar in erster Linie durch die Grössenordnung ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit (Millimeter pro Sekunde für die Verbrennung und Kilometer pro Sekunde für die Detonation).

Bei sekundären Explosivstoffen entsteht die Verbrennung gewöhnlich durch einfache Zündung mittels einer heissen Flamme, während die Detonation durch spezielle Methoden hervorgerufen wird (Sprengkapsel,

starker mechanischer Schlag u. dgl.). Unter gewissen Umständen kann jedoch die Detonation auch spontan während der Verbrennung entstehen.

Während die Detonation mehr oder weniger eingehend studiert worden ist, hauptsächlich inbezug auf die Beeinflussung ihrer Geschwindigkeit durch verschiedene Parameter des Systems, fehlen für die Verbrennung diesbezügliche quantitative Angaben. Nun ist aber die Kenntnis dieser Data insbesondere auch der Bedingungen, unter denen die Verbrennung in Detonation übergeht, nicht nur für das Verständnis des Verbrennungsmechanismus selbst von Bedeutung, sondern auch für die Aufklärung des Detonationsmechanismus, insbesondere zur Prüfung der Vorstellungen über die Entstehung der Detonation und ihre Fortpflanzung, die vom Verfasser gemeinsam mit J. B. Chariton entwickelt worden sind (C. R. Acad. Sci. URSS, I, 404, 1934).

Von einer Reihe sekundärer Explosivstoffe erwiesen sich flüssiges Nitroglykol und kristallinisches Tetryl als die für die Untersuchung geeignetsten Objekte.*

Für diese beiden Explosivstoffe wurde die Verbrennungsgeschwindigkeit bestimmt, sowie der Einfluss von Röhrendurchmesser, Temperatur und (beim Tetryl) der kubischen Dichte (Δ) untersucht. Der Explosivstoff wurde in eine senkrecht stehende, etwa 5 cm lange Glasröhre gebracht, deren unteres Ende zugeschmolzen oder mit einem Korkpropfen verschlossen war. Gezündet wurde mit einer kleiner Gasflamme von oben. Die Verbrennungszeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen.

Beide Explosivstoffe erwiesen sich unter diesen Bedingungen einer stationären Verbrennung fähig, und zwar verlief diese mit konstanter Geschwindigkeit, die unabhängig von der Länge der Röhre war. Diese Verbrennung vollzieht sich auf folgende Weise, was sich bei Nitroglykol — insbesondere in engen Röhren — deutlich beobachten lässt.

Die Flamme, die beim Zünden am oberen Ende der Röhre entsteht, erlischt bald, und eine schwach leuchtende, etwa millimeterbreite Verbrennungszone bewegt sich langsam nach unten. Die Verbrennungsprodukte von Nitroglykol enthalten viel Stickstoffoxyde und dementsprechend auch brennbare Bestandteile. Im Kontakt mit Luft sind sie demzufolge einer weiteren Verbrennung fähig: in breiteren Röhren bleibt die Flamme am oberen Ende während der ganzen Verbrennungsdauer erhalten.

In keinem der Versuche mit Nitroglykol und Tetryl wurde ein Übergang der Verbrennung in Detonation beobachtet.

Einfluss des Röhrendurchmessers

Eine Veränderung des Röhrendurchmessers ist in ziemlich weiten Grenzen ohne Einfluss auf die Verbrennungsgeschwindigkeit von Nitroglykol (Tabelle 1, S. 221). Für Tetryl lässt sich bei geringeren Durchmessern eine schwach ausgeprägte Tendenz zu einer geringen Steigerung der Geschwindigkeit bei Verminderung des Durchmessers beobachten (Tabelle 2, S. 222).

Für beide Explosivstoffe existiert unter den gegebenen Bedingungen ein Mindestdurchmesser dessen Unterschreiten die Fortpflanzung des

* Die übrigen untersuchten Explosivstoffe wiesen, selbst bei grosserem Röhrendurchmesser bzw. grösserer kubischer Dichte, keine Fähigkeit für eine stationäre Verbrennung auf. So erloschen bei einem Durchmesser von 18 mm: Pentaerythrittetranitrat selbst bei $\Delta = 0.9$, Pikrinsäure bei $\Delta = 1.0$ und Trotyl bei $\Delta = 0.95$. Flüssiges Nitroglycerin lässt sich zwar entzünden, erlischt aber dann schnell nach einem lokalen Auflodern und Verspritzen. Bei einem Versuch führte dauerndes Wiederanzünden schliesslich zur Detonation.

Verbrennung unmöglich macht. Der Wert dieses Minimaldurchmessers hängt von den Versuchsbedingungen ab: von der kubischen Dichte (für Tetryl), zunehmend mit ihrer Verminderung, von der Grösse und der Art der Kristalle* und anscheinend von der Anfangstemperatur. Für das untersuchte Tetryl liegt der Minimaldurchmesser bei 20° zwischen 12 und 8 mm, für das Nitroglykol bei derselben Temperatur unter 2 mm

Kubische Dichte (für Tetryl)

Die Steigerung der kubischen Dichte vermindert die Verbrennungsgeschwindigkeit (Tabelle 3, S. 223); die Verbrennungsfähigkeit selbst wird aber dadurch günstig beeinflusst, d. h. der Wert des Minimaldurchmessers vermindert.

Für gegebene Bedingungen des Durchmessers und des physikalischen Zustandes existiert eine gewisse Minimaldichte, unterhalb deren eine Verbrennung unmöglich wird. So erlischt das Tetryl bei einer Dichte von $\Delta = 0.65$, selbst in Röhren von 24 mm Durchmesser. Bei einer Dichte von $\Delta = 0.86$ findet dagegen die stationäre Verbrennung noch bei einem Durchmesser von 13 mm statt. Dieser doppelte Einfluss der kubischen Dichte lässt sich offenbar dadurch eklären, dass bei Verminderung derselben die Verbrennungsprodukte leichter (d. h. bei gegebenem Drucke tiefer) in das noch unverbrannte kristallinische Pulver eindringen können, was natürlich eine Steigerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verbrennung zur Folge hat. Diese Steigerung kann aber nur bis zu einer gewissen Grenze gehen, bis nämlich die Tiefe des Eindringens der Gas und somit auch die Stoffmenge, auf die die Gase einwirken, so gross wird, dass die Gase sie nicht mehr zünden können. Im Einklang mit dieser Vorstellung verliert die Verbrennung in der Nähe der Grenzdichte ihre Glaichmässigkeit und nimmt einen pulsierenden Charakter an.

Anfangstemperatur

Bei Temperaturerhöhung steigt, wie auch zu erwarten war, die Verbrennungsgeschwindigkeit, jedoch ist diese Steigerung verhältnismässig gering: eine Erhöhung der Temperatur auf 100° C führt nur zu anderthalb- bis zweifacher Vergrösserung der Geschwindigkeit (Tabelle 4 u. 5 (SS. 224—225). Die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Temperatur ist für Tetryl ebenso wie für Nitroglykol im untersuchten Intervall nahezu linear, insbesondere wenn man die Geschwindigkeit auf die Höhe der Explosivstoffsäule bei gleicher Temperatur bezieht.

Verbrennungstemperatur

Es wurde der Versuch gemacht, die Verbrennungstemperatur von Nitroglykol folgendermassen zu bestimmen. Es wurden in die Flüssigkeit durch den Boden des Rohres kupferne und silberne, zugespitzte Drähte von 0.25 mm Durchmesser eingeführt. Bei zwei Versuchen wurde dann ein Schmelzen lediglich des silbernen Drahtes beobachtet. Danach liegt die Verbrennungstemperatur von Nitroglykol zwischen 960 und 1080° C, d. h. bedeutend niedriger als seine Detonationstemperatur (über 4000° C.).

Institut für Organisation und Schutz
der Arbeit in der speziellen Industrie.
Moskau.

Eingegangen
d. 25. IX. 1934.

---

* Verschiedene Proben von kristallisiertem Tetryl, die sich in Struktur und Grösse der Kristalle unterschieden, zeigten wesentlich verschiedene Werte von Minimaldurchmesser und Minimaldichte.

С. С. НАМЕТКИН, член-корреспондент Академии Наук, и Н. Н. МЕЛЬНИКОВ

НОВЫЕ ДАННЫЕ ИЗ ХИМИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТАЛЛИЯ

Многие органические хлориды, бромиды, иодиды и другие соли с диазосоединениями легко образуют труднорастворимые двойные соли; сюда относятся исследованные Бартом, Шмидтом, Ганчшем, Несмеяновым и другими авторами соединения мышьяка (1), сурьмы (2), ртути (3) меди (4) и других металлов. Большинство такого типа соединений при восстановлении, или при простом разложении с выделением азота, со сравнительно хорошими выходами образуют соответствующие металлоорганические соединения.

Нами были поставлены опыты получения соответствующих соединений хлористого таллия с диазосоединениями, так как хлористый таллий вообще чрезвычайно хорошо образует различные комплексные соединения: со спиртами, эфирами (5), аммиаком, органическими аминами (6) и гетероциклическими соединениями (7). Поставленные опыты изучения взаимодействия хлористого таллия с диазосоединениями показали, что реакция указанных соединений протекает по нижеследующей схеме:

$$ArN_2Cl + TlCl_3 \rightarrow ArN_2TlCl_4 \qquad (1)$$

Кроме того, в некоторых случаях имеет место образование соединений хлористого таллия с двумя молекулами диазосоединения (I), соответствующих описанным металлическим производным общей формулы (II) (8):

$$(ArN_2)_2TlCl_5 \qquad (I)$$

$$Me_2TlCl_5 \qquad (II)$$

Двойные соли хлористого таллия с диазосоединениями образуются при простом приливании водного раствора $TlCl_3$ к сильно охлажденному водному раствору хлористоводородной соли диазосоединения, в присутствии некоторого избытка соляной кислоты; двойная соль при этом, после более или менее продолжительного стояния на холоду, выпадает в виде труднорастворимого осадка, который затем может быть отфильтрован и высушен в вакуум-эксикаторе.

Полученные таким путем двойные соединения представляют собой твердые, плохо растворимые в воде вещества, медленно разлагающиеся при хранении; нагревание этих соединений также ведет к их разложению с выделением азота. Полученные такого рода соединения приведены в табл. 1.

Для выяснения строения этих соединений нами были поставлены опыты определения числа атомов ионизированного галоида путем титрования азотнокислым серебром по Фольгарду, так как вопрос строения такого типа комплексов является недостаточно изученным; правда, указанный метод не вполне точен, тем не менее полученные данные с некоторым приближением позволяют судить о количестве атомов галоида во внешней сфере; результаты опытов сведены в табл. 2 (стр. 230).

Как видно из табл. 2, число атомов хлора внешней сферы комплексов, полученных из диазосоединений, содержащих нитрогруппу, равно 3,

Таблица 1 — Tabelle 1

№№	Исходные продукты Ausgangsstoffe	Формула Formel	Температура разложения Zersetzungstemperatur	Примечание Anmerkung
1	Хлористый фенилдиазоний и $TlCl_3$ . . . Phenyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	$C_6H_5N_2TlCl_4$	68—69°	Белые розовеющие кристаллы Weisse, allmählich ins Rosa übergehende Kristalle
2	Хлористый метатолилдиазоний и $TlCl_3$ . . *m* - Tolyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	*m* - $CH_3C_6H_4N_2TlCl_4$	59°	Белые быстро темнеющие кристаллы Weisse schnell dunkel werdende Kristalle
3	Хлористый паратолилдиазоний и $TlCl_3$ . . *p* - Tolyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	*p* - $CH_3C_6H_4N_2TlCl_4$	93°	Кристаллы розово-сиреневого цвета Rosa-fliederfarbene Kristalle
4	Хлористый параэтоксифенилдиазоний и $TlCl_3$ . . . . . *p* - Äthoxyphenyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	*p* - $C_2H_5OC_6H_4N_2TlCl_4$	66°	Буро-коричневые кристаллы Braungefärbte Kristalle
5	Хлористый паранитрофенилдиазоний и $TlCl_3$ . . . . . *p* - Nitrophenyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	*p* - $NO_2C_6H_4N_2TlC_4$	91°	Желтые кристаллы Gelbe Kristalle
6	Хлористый метанитрофенилдиазоний и $TlCl_3$ . . . . . *m* - Nitrophenyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	*m* - $NO_2C_6H_4N_2TlCl_4$	111—112.5°	Белые с желтоватым оттенком кристаллы Weisse, ins gelblich stechende Kristalle
7	Хлористый ортонитрофенилдиазоний и $TlCl_3$ . . . . . *o* - Nitrophenyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	*o* - $[NO_2C_6H_4N_2]_2TlCl_5$	98—98.5°	Розовые кристаллы Rosagefärbte Kristalle
8	Хлористый α - нафтилдиазоний и $TlCl_3$ . . α - Naphthyldiazoniumchlorid und $TlCl_3$	α - $C_{10}H_7N_2T.Cl_4$	71—72.5°	Желтые с зеленым оттенком кристаллы Gelbe ins grünlich stechende Kristalle

Таблица 2—Tabelle 2

№№	Формула Formel	Найденное число хлоров внешней сферы Die ermittelte Anzahl der Chloratome in der äusseren Sphäre
3	p - $CH_3C_6H_4N_2TlCl_4$	2
4	p - $C_2H_5C_6H_4N_2TlCl_4$	1.91
5	p - $NO_2C_6H_4N_2TlCl_4$	2.85
6	m - $NO_2C_6H_4N_2TlCl_4$	3
7	o - $(NO_2C_6H_4N_2)_2TlCl_5$	3
8	$C_{10}H_7N_2TlCl_4$	2

тогда как в других случаях оно равно 2, т. е. строение полученных комплексов можно представить формулами:

$$(NO_2ArN_2TlCl)Cl_3 \qquad (III)$$
$$(ArN_2TlCl_3)Cl_2 \qquad (IV)$$

Разложение комплекса хлористого таллия с хлористым фенилдиазонием при простом нагревании до 75—80° протекает весьма бурно по следующим схемам:

$$C_6H_5N_2TlCl_4 \rightarrow TlCl_3 + N_2 + C_6H_5Cl \qquad (2)$$
$$2C_6H_5N_2TlCl_4 \rightarrow 2TlCl_3 + 2N_2 + Cl_2 + C_6H_5C_6H_5. \qquad (3)$$

По второй схеме реакция идет незначительно, так как количества дифенила, выделенного при реакции, не велики; в реакционной массе обнаружено также наличие TlCl, образовавшегося, повидимому, за счет разложения хлористого таллия по схеме:

$$TlCl_3 \rightarrow TlCl + Cl_2 \qquad (4)$$

Кроме того, при реакции имеет место образование незначительных количеств фенола и смолистых веществ, содержащих таллий.

Реакция разложения комплексов в присутствии воды протекает по тем же схемам (2),(3),(4), и кроме того имеет место образование довольно значительных количеств фенола, получившегося, повидимому, по схеме:

$$C_6H_5N_2TlCl_4 + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + N_2 + HCl + TlCl_3 \qquad (5)$$

Для анализа вышеописанных соединений и других соединений таллия нами был разработан метод количественного определения таллия, основанный на разрушении таллий-органического соединения перманганатом и серной кислотой, с последующим иодометрическим определением по Просту ([10]). В описанных ранее методах определения таллия последний, после разрушения органической молекулы дымящей азотной кислотой, обычно определяется весовым путем в виде иодида или хромата ([9]).

что отнимает много времени и вредит точности метода. Нами же был использован метод разрушения органических соединений Лемана-Руппа ([11]), применяемый для определения мышьяка.

Навеску вещества 0.1—0.5 г, в зависимости от содержания таллия, нагревают на водяной бане до 70—80° с 10—15 см³ концентрированной серной кислоты ($d = 1.84$) и к нагретой смеси постепенно, при взбалтывании, прибавляют 1—3 г растертого в мелкий порошок перманганата калия. При этом нередко наблюдаются вспышки и выделение бурого дыма. Через 10 мин. прибавляют 20 см³ воды, избыток перманганата удаляют щавелевой кислотой или перекисью водорода, в этом последнем случае раствор для разрушения избытка перекиси водорода некоторое время кипятят и затем охлаждают. К совершенно бесцветному холодному раствору прибавляют далее бромной воды до слабо желтой окраски, избыток брома удаляют несколькими каплями 5% водного раствора фенола, прибавляют 0.5—1 г иодистого калия, разбавляют водой до 250—300 см и титруют 1/50—1/100 гипосульфитом в присутствии крахмала до слабо зеленого окрашивания.

Этим методом был проанализирован целый ряд разнообразных органических соединений таллия жирного и ароматического ряда, как одновалентного, так и трехвалентного металла. Ошибка определения не превышает 0.2—0.3%, т. е. обычных аналитических погрешностей. Этот метод следует рекомендовать для быстрого и достаточно точного определения таллия в органических соединениях.

Резюме

1. Получен целый ряд двойных соединений хлористого таллия с диазосоединениями по реакции (1).

2. Строение полученных комплексов можно представить формулами (III) и (IV).

3. Разложение комплекса хлористого фенилдиазония с $TlCl_3$ при нагревании протекает по схемам (2), (3), (4), при нагревании в присутствии воды по схемам (2), (3), (4) и (5).

4. Разработан новый метод определения таллия в органических соединениях посредством разрушения перманганатом и серной кислотой с последующим иодометрическим титрованием по Просту.

Лаборатория органической химии
МИТХИ, б. II МГУ.

Поступило
26 X 1934.

CHEMIE

BEITRAG ZUR CHEMIE DER ORGANISCHEN VERBINDUNGEN DES THALLIUMS

Von S. NAMETKIN, korrespondierendem Mitglied der Akademie, und N. MELNIKOV

Viele organische Chloride, Bromide, Jodide u. a. Salze bilden leicht mit Dlazoverbindungen schwerlösliche Doppelsalze. Hierher gehören die von Bart, Schmidt, Hantzsch, Nesmejanoff u. a. Forschern untersuchten Verbindungen von Arsen ([1]), Antimon ([2]), Quecksilber ([3]), Kupfer ([4]) und anderen Metallen. Die meisten Verbindungen dieser Art liefern, einer Reduktion oder gar einer blossen Zerlegung unterworfen, entsprechende metallorganische Verbindungen, deren Bildung unter Stickstoffentwicklung vor sich geht und eine verhältnismässig hohe Ausbeute ergibt.

Es wurden von uns Versuche zur Darstellung entsprechender Verbindungen von Thalliumchlorid mit Diazoverbindungen angestellt, da ja Thalliumchlorid im allgemeinen äusserst leicht komplexe Verbindungen liefert, z. B. mit Alkoholen, Äthern ([5]), Ammoniak, organischen Aminen ([6]) und heterozyklischen Verbindungen ([7]). Die zum Studium der Wechselwirkung zwischen Thalliumchlorid und den Diazoverbindungen angestellten Versuche ergaben, dass die Reaktion zwischen diesen beiden Körpern nach folgendem Schema verläuft:

$$ArN_2Cl + TlCl_3 \rightarrow ArN_2TlCl_4 \quad (1)$$

Ausserdem findet in manchen Fällen eine Addition von Thalliumchlorid an zwei Moleküle der Diazoverbindung statt, wobei Körper entstehen, die den beschriebenen Metallderivaten der allgemeinen Formel (II) entsprechen:

$$(ArN_2)_2\ TlCl_5 \quad (I)$$
$$Me_2TlCl_5 \quad (II)$$

Doppelsalze von Thalliumchlorid mit Diazoverbindungen erhält man, indem man zu einer stark abgekühlten, wässerigen salzsauren Diazolösung, in Gegenwart eines gewissen Überschuses an Salzsäure, einfach eine wässerige $TlCl_3$-Lösung hinzufügt. Das Doppelsalz fällt hierbei nach längerem Stehen an der Luft als schwerlöslicher Niederschlag aus, der sodann abfiltriert und im Vakuum-Exsikkator getrocknet werden kann.

Die auf diese Weise gewonnenen Doppelsalze sind feste Körper, die sich beim Stehen allmählich zersetzen und in Wasser schwer löslich sind. Beim Erhitzen derselben findet gleichfalls eine Zersetzung unter Stickstoffentwicklung statt. Die erhaltenen Verbindungen dieserArt sind in Tabelle 1 (S. 229) angeführt.

Um den Bau dieser Verbindungen aufzuklären, haben wir Versuche vorgenommen, die den Zweck hatten, durch Titration mit Silbernitrat nach Vollhardt die Atomanzahl des ionisierten Halogens festzustellen, da die Struktur von Komplexen solcher Art noch nicht in genügender Weise untersucht ist. Allerdings ist die erwähnte Methode nicht völlig exakt, doch kann man sich an Hand der erzielten Resultate eine annähernde Vorstellung über die Anzahl der Halogenatome in der äusseren Sphäre machen. Die Ergebnisse der Versuche sind in Tabelle 2 (S. 230) angeführt.

Wie aus Tabelle 2 zu ersehen, ist die Anzahl der Chloratome in der äusseren Sphäre der aus Diazokörpern mit einer Nitrogruppe hervorgegangenen Komplexverbindungen gleich 3, während sie in den anderen Fällen 2 beträgt. Mithin lässt sich die Struktur der gewonnenen Komplexe durch folgende Formeln und darstellen:

$$(NO_2ArN_2TlCl)Cl_3 \quad (III)$$
$$(ArN_2TlCl_3)Cl_2 \quad (IV)$$

Der Abbau der aus Thalliumchlorid und Phenyldiazoniumchlorid entstandenen Komplexverbindung verläuft bei blossem Erwärmen bei 75—80° recht stürmisch, und zwar nach folgenden Schemen:

$$C_6H_5N_2TlCl_4 \rightarrow TlCl_3 + N_2 + C_6H_5Cl \quad (2)$$
$$2C_6H_5N_2TlCl_4 \rightarrow 2TlCl_3 + 2N_2 + Cl_2 + C_6H_5C_6H_5 \quad (3)$$

Nach dem zweiten Schema geht die Reaktion in geringerem Masse vor sich, da die Mengen des bei der Reaktion ausgeschiedenen Diphenyls

nicht allzu gross sind: in der Reaktionsmasse ist die Anwesenheit von TlCl nachgewiesen worden, welches sich allem Anscheine nach infolge der Zersetzung des Thalliumchlorids nach Schema (4) bildet.

$$TlCl_3 \rightarrow TlCl + Cl_2 \qquad (4)$$

Ausserdem entstehen bei der Reaktion in geringen Mengen Phenol und harzartige thalliumhaltige Stoffe.

In Gegenwart von Wasser geht die Zersetzung der Komplexverbindungen nach den gleichen Schemen (2), (3) und (4) vor sich, wobei nennenswerte Phenolmengen — vermutlich nach Schema (5) — entstehen.

$$C_6H_5N_2TlCl_4 + H_2O \; C_6H_5OH + N_2 + HCl + TlCl_3 \qquad (5)$$

Um obige, sowie auch andere Thalliumverbindungen analytisch zu erfassen, haben wir eine Methode zur quantitativen Bestimmung des Thalliums ausgearbeitet, welche auf Zersetzung der thalliumorganischen Verbindung durch Permanganat und Schwefelsäure nebst darauffolgender iodometrischer Bestimmung nach Prost ([10]) beruht. In den früher beschriebenen Bestimmungsmethoden des Thalliums wird letzteres, nach Zerstörung des organischen Moleküls durch rauchende Salpetersäure, gewöhnlich auf gewichtanalytischem Wege als Jodid oder Chromat ([9]) bestimmt, was sehr umständlich ist und die Genauigkeit der Methode beeinträchtigt. Wir haben auch die zum Nachweis von Arsen gebräuchliche Lehmann-Rupp'sche Methode zum Abbau organischer Verbindungen benutzt.

0.1—0.5 g der Probe (je nach dem Thalliumgehalt) werden mit 10—15 cm^3 konz. Schwefelsäure ($d = 1.84$) auf dem Wasserbade bis 70—80° erwärmt und darauf unter Schütteln mit 1—3 g fein gepulvertem Kaliumpermanganat versetzt. Es wird hierbei zuweilen ein von bräunlichen Dämpfen begleitetes Verpuffen beobachtet. Nach 10 Minuten werden 20 cm^3 Wasser hinzugefügt und das überschüssige Permanganat mit Oxalsäure oder Wasserstoffsuperoxyd entfernt.. Im letzteren Falle wird die Lösung zwecks Zerstörung des überschüssigen Wasserstoffsuperoxyds einige Zeit gekocht und hernach abgekühlt. Die völlig farblose kalte Lösung wird sodann mit Bromwasser bis zur schwach gelblichen Färbung versetzt, das überschüssige Brom durch einige Tropfen einer 5%-igen wässerigen Phenollösung entfernt, hierauf 0.5—1 g Kaliumjodid hinzugefügt, mit Wasser auf 200—300 cm verdünnt und mit 1/50—1/100 *n* Hyposulfit in Gegenwart von Stärke titriert, bis schwach grüne Färbung eintritt.

Mit Hilfe dieser Methode wurde eine Reihe verschiedenartiger organischer Thalliumverbindungen der aliphatischen und der aromatischen Reihe analysiert, und zwar sowohl des einwertigen als auch des dreiwertigen Metalls. Der Bestimmungsfehler ist nicht grösser als 0.2—0.3 % und liegt somit im Bereiche der üblichen Analysenfehler. Diese Methode ist für eine schnelle und genügend exakte Bestimmung von Thallium in organischen Verbindungen sehr geeignet.

Zusammenfassung

1. Es wurde eine Reihe Doppelverbindungen von Thalliumchlorid mit Diazoverbindungen nach Reaktion (1) dargestellt.

2. Die Struktur der gewonnenen Komplexverbindungen lässt sich durch Formeln (III) und (IV) wiedergeben.

3. Die Zersetzung der durch Addition von Phenyldiazoniumchlorid an $TlCl_3$ hervorgegangenen Komplexverbindung beim Erhitzen verläuft nach Schemen (2), (3), (4), beim Erhitzen in Gegenwart von Wasser — nach den Schemen (2), (3), (4) und (5).

4. Es wurde eine neue Methode zur Bestimmung von Thallium in organischen Verbindungen ausgearbeitet, bestehend in der Zersetzung durch Permanganat und Schwefelsäure nebst darauffolgender iodometrischen Titration nach Prost.

Laboratorium der organischen Chemie.
Moskau.

Eingegangen
d. 26. X. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Bart. DRP, 250284, 254092, 264924, 268172.—Schmidt. Lieb. Ann., **421**, 159 (1920), [2] Schmidt. Lieb. Ann., **421**, 174 (1920), **429**, 123 (1922); Ber., **55**, 697 (1922); Ber., **57**, 1172 (1924). [3] Hantzsch. Ber., **28**, 1734 (1895); **29**, 1522 (1896). —Weselski, Schulfer. Ber., **9**, 1160 (1876). — Несмеянов. ЖРХО, **61**, 1393, 1407 (1929); ZS. anorgan. Chem., **178**, 300 (1929). — Nesmejanov, Glušnev, Epipanskij, Flegontov. Ber., **67**, 130 (1934). [4] Hantzsch. ibid. [5] Meyer. ZS. anorg. Chem., 24, 321 (1900). [6] Hieber, Sutton. Ber., **61**, 555 (1928); Pacl. cb., 1927, I, 2881. [7] Benz. Ber., **35**, 1110 (1902); **35**, 2768 (1902). — Krause. Grosse Ber., **59**, 1712 (1926). [8] Meyer. ibid. [9] A. Meyer, Bertheim. Ber., **37**, 2035 (1904). — Menzies, Krieser, Sidgwick, Cutcliffe. Toc. Soc. (1928), 186, 1289.—Goddard. Soc., 1921, 672. [10] Prost. ZS. anal. Chem., **75**, 401 (1928). [11] Rupp, Lehmann. Ap. ZS. **26**, 203 (1911).—Sonn. Ber. **52**, 1404 (1919). — Lehmann. Ap. ZS. **27**, 545 (1912). — Rosenheim, Plato. Ber., **58**, 2004 (1926).

ГЕНЕТИКА

Я. Е. ЭЛЛЕНГОРН, А. А. ПРОКОФЬЕВА и Г. Г. МЕЛЛЕР,

член-корреспондент Академии Наук СССР

СЛОЖНОСТЬ СТРОЕНИЯ ХРОМОМЕР *DROSOPHILA* В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ СВЕТЕ

Проблема

В последних работах Меллера и Прокофьевой ([1, 2]) было показано что поперечные кольца, или диски, видимые в хромозомах слюнных желез *Drosophila melanogaster*, могут имет генетически сложную структуру (в продольном, по отношению к хромозоме, направлении), даже если при наблюдении или фотографировании обычными оптическими методами они и кажутся простыми или, по большей мере, двойными,— как то было, например, в случае исследованного ими диска *2* в *X*-хромозоме. Согласно теории Кольцова ([6]), хромозомы слюнных желез состоят из многих идентичных, конъюгировавших хромонем, растянутых во всю свою длину, с хромомерами, лежащими бок-о-бок и часто оптически сливающимися.* Анализ морфологической структуры подобных хромозом был сделан еще в 1884 г. Карнуа ([5]), давшим их описание и изображения и показавшим, что они состоят из параллельных нитей с совпадающими

* Согласно сообщению в „Science Service“ (напечатанному в „Science“ 5 октября 1934 г.), Бриджес недавно пришел к тому же заключению на основании своих собственных наблюдений. Теория Кольцова была сообщена им нам и отослана в печать в апреле 1934 г.

узлами; но Карнуа, конечно, и не представлял себе генетического значения и способа образования этих нитей.*

Можно сказать, что кольца представляют собой хромомеры, и вывод о сложной структуре этих колец (в продольном, по отношению к хромосоме, направлении) влечет за собой тот же вывод относительно структуры хромомер в индивидуальной хромонеме.

Доказательство сложности природы хромомер, *Drosophila* было дано параллельным генетическим и цитологическим изучением ряда случаев хромозомальных разрывов, расположенных очень близко друг от друга, в узко ограниченном районе хромонемы (район yellow — scute). Разрывы эти были отобраны на основании связанного с ними эффекта положения, затрагивающего одни и те же или близко лежащие гены.

Специальным генетическим методом, заключающимся в изучении фенотипического эффекта комбинаций всех разрывов, взятых попарно, была построена генетическая карта расположения семи разрывов по отношению друг к другу (в настоящее время это число увеличено). При этом было показано, что эти семь разрывов произошли лишь в четырех главных точках, и если и были еще другие места разрывов, то они лежали столь близко к первым четырем, что отсутствие участков хромонемы между ними не вело к смерти или каким-либо легко обнаруживаемым изменениям организма. Это сделало весьма мало вероятным предположение о существовании еще многих других возможных мест разрывов, заключающих между собой гены, с какими мы обычно имеем дело, и дало возможность утверждать, что расстояния между данными разрывами были, по крайней мере, величинами одного порядка с величиной отдельных генов. Продолжая работу этим методом, можно найти все возможные точки разрывов в данном районе и получить таким образом промежутки, точно соответствующие отдельным генам (если только эти последние не делимы сами на „субгены“). Относительно одного интервала между двумя разрывами можно было уже показать, что он содержит в себе ровно два гена, поскольку отсутствие его вызывало фенотипический эффект, ожидаемый при отсутствии этих двух генов (yellow и achaete).

Цитологическое изучение хромозом в слюнных железах (по методу Пейнтера) показало, что все эти разрывы произошли в пределах одного кольца (*2*) и что разница в их положении была чуть выше границы различимости (во всех случаях разрывов, относительно которых генетически было показано, что они различны, но лежат рядом) при сравнении толщины колец в ряде индивидуумов каждого из двух сравниваемых типов. Таким образом, разница в длине порядка величины двух генов оказалась чуть выше порога различимости в видимом свете. Отсюда, однако, не следовало, что точки, находящиеся на таком расстоянии друг от друга, могут быть отдельно различимы на одном и том же препарате, так как это потребовало бы большей разрешающей способности, чем установление существования разницы в толщине этого же порядка при сравнении целых серий.

Это в особенности справедливо в тех случаях, когда данные объекты не являются точками, но имеют значительную толщину, сравнимую с величиной интервала между ними. Более того, так как разница в два гена оказалась с трудом видимой, то разница в расстоянии, равная одному

* Здесь следует обратить внимание на тот факт, что Костов в 1930 г. высказал предположение, что последовательность поперечной исчерченности в хромозомах слюнных желез может быть выражением линейного расположения содержащихся в них генов (*4*).

гену, могла свободно оказаться ниже границы видимости при обычных методах исследования. В то же время, полученные результаты сделали весьма вероятным, что расстояния между разрывами и даже величины отдельных генов не находятся значительно ниже предела видимости.

В связи с этим, Меллером было предположено [2], что использование ультрафиолетового света сможет дать как раз то увеличение разрешающей способности, при котором возможно будет показать большую сложность колец (т. е. хромомер) в действительности, чем они кажутся при обычных методах исследования, и даже обнаружить отдельные гены. Было поэтому решено исследовать структуру хромозом слюнных желез при помощи кварцевого микроскопа с высокой разрешающей способностью, используя ультрафиолетовый свет. Главное внимание было обращено на уже интенсивно исследованный район, а именно—на левый конец *X*-хромозомы. Была использована ультрафиолетовая установка Государственного оптического института в Ленинграде. Ультрафиолетовые фотографии сделаны Я. Е. Элленгорном.

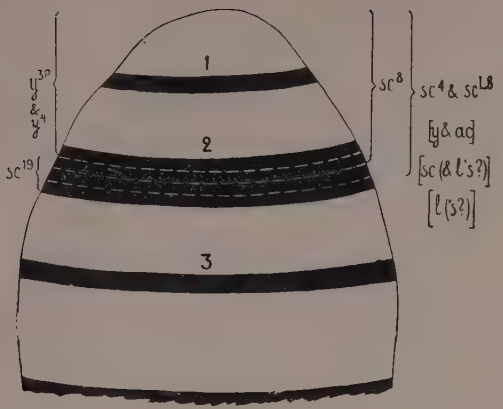
Метод

Первоначально была сделана попытка исследовать структуру живых хромозом, но практика скоро показала, что в ядре, раздавленном настолько, насколько это необходимо для расправления и идентификации хромозом, возникают постмортальные изменения прежде, чем удается приготовить, локализовать, поставить в фокус и снять нужный объект. Так как эти изменения оказываются значительно более резкими, чем вызываемые самыми грубыми фиксаторами, было признано необходимым использовать, на этой стадии исследования, фиксированный материал. Препараты слюнных желез фиксировались 45% уксусной кислотой и затем раздавливались между кварцевыми предметным и покровным стеклами в смеси равных частей фиксатора и насыщенного раствора хлорал-гидрата. Прокофьевой было ранее найдено, что хлорал-гидрат является весьма ценным с точки зрения видимости и эластичности хромозом. Окрашивание не применялось. Использовался ультрафиолетовый свет от магниевых электродов, с длиной волны около 0.28 μ (в действительности использовались две группы линий, находящиеся, однако, в узком районе спектра). Работа с этим светом требовала, конечно, применения микрофотографии. Съемка производилась с кварцевым объективом Цейса, монохроматом *Nap* 1.25, 10 × кварцевым окуляром, при длине меха камеры в 40 см. При печатании негативы линейно увеличивались приблизительно в три раза.

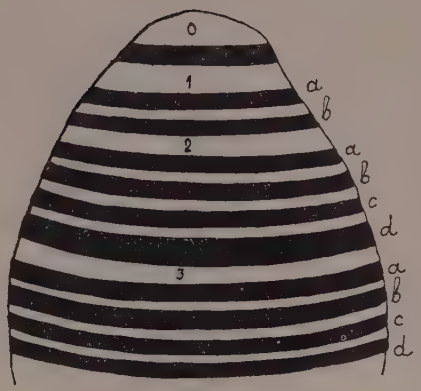
Использование ульрафиолетового света для исследования тонких структур хромозом имеет два преимущества:

1) Так как разрешающая сила микроскопа обратно пропорциональна длине волны, то она удваивается в виду того, что длина волны в кварцевом микроскопе (280 mμ) вдвое меньше физиологически наиболее яркой волны в видимом белом свете (555mμ).

2) В 1904 г. Кёлер [3] показал, что хроматин обладает способностью поглощать ультрафиолетовый свет. Благодаря этому хромозомы при исследовании их в этом свете не требуют окраски. Этот факт имеет большое значение при исследовании тонких хроматических дисков, так как многие краски (например, гематоксилин или кармин), отлагаясь на дисках, могут затемнять или разрушать наиболее тонкие структуры.



Фиг. 1. — Fig. 1.



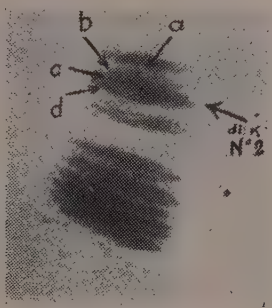
Фиг. 2. — Fig. 2.

Фиг. 1. Диаграмма, показывающая сложное строение второго диска левого конца *X*-хромосомы, на основании цитогенетического изучения разрывов (по Меллеру и Прокофьевой).
Fig. 1. Diagram showing compound structure of the second disc in the left end of the *X*-chromosome as determined by a cytogenetic study of cases of breakage (after Muller and Prokofjeva).

Фиг. 2. Диаграмма, показывающая сложное строение второго диска левого конца *X*-хромосомы, на основании изучения микрофотографий в ультрафиолетовом свете.
Fig. 2. Diagram showing compound structure of the second disc in the left end of the *X*-chromosome as determined by a study of microphotographs in ultraviolet light.

Фиг. 3. — Fig. 3.

Фиг. 4. — Fig. 4.



Фиг. 5. — Fig. 5.

Фиг. 3. Рисунок левого конца *X*-хромосомы. Обратить внимание на раздвоение второго диска.
Fig. 3. Drawing of left end of *X*-chromosome. Note that the second disc appears double.

Фиг. 4. Микрофотографии левого конца нормальной *X*-хромосомы в слюнных железах *Drosophila melanogaster* при видимом свете. Снимок сделан при $\lambda = 600$, *N ap* 1.3. Линейное увеличение 4000 раз.
Fig. 4. Microphotographs of left end of normal *X*-chromosome in salivary gland of *Drosophila melanogaster* as seen by visible light (of approx. 600 μ wave length *N ap* 1.3. Magnification 4000 diameters).

Фиг. 5. Микрофотографии левого конца *X*-хромосомы, снятые в ультрафиолетовом свете с длиной волны в 0.28 μ. *N ap* 1.25. Линейное увеличение 4000 раз. Обратить внимание на указания на сложность структуры, имеющиеся на фиг. 5 и отсутствующие или лишь едва заметные на фиг. 4.
Fig. 5. Microphotographs of left end of *X*-chromosome, taken by means of ultraviolet light of 280 mμ wave length, *N ap* 1.25. Note evidence of the compound structure shown in Fig. 5 and not visible or only very partially visible in Fig. 4. Magnification 4000 diameters.

В будущем можно ожидать следующих усовершенствований в этой предварительной в оптическом отношении работе:

1) Кадмиевая искра (как указано Кёлером), имеющая более монохроматическую спектральную линию, чем группа линий магния, дает более резкое изображение.

2) Несколько улучшит изображение освещение при исключительно косом падении пучка света в конденсоре вместо полного конуса света, соответствующего данной аппертуре.

3) Употребление специальных высокоразрешающих пластинок также увеличит разделение вторичных дисков.

Все эти тонкости кажутся вполне уместными, так как более чем вероятно, что всякое дальнейшее, хотя бы и небольшое, усовершенствование выявит новые детали в дисках. Но в Оптическом институте возникает план более существенных улучшений, основанных на построении новых микроскопических объективов для все уменьшающихся длин волн. В этом отношении можно итти так далеко, как позволит поглощение ультрафиолетовых лучей в промежутках между дисками.

Наблюдения

Изучение микрофотографий, полученных в ультрафиолетовом свете, и сравнение видимых на них структур со структурами, наблюдаемыми на препаратах или фотографиях при использовании обычного света, дает следующие результаты.

Все диски в левом конце X-хромозомы *Drosophila melanogaster*, кажущиеся простыми или, максимум, двойными (или „сомнительно-двойными"), за исключением диска *0* и возможно *4*, которые до сих пор кажутся простыми, в ультрафиолетовом свете оказываются состоящими из нескольких очень тонких субдисков, расположенных близко друг около друга. Второй диск состоит, по крайней мере, из четырех таких тонких субдисков (обозначенных на фотографиях буквами от *a* до *d*), из которых субдиск *d* кажется самым толстым. Третий диск также состоит из четырех тонких субдисков. Пятый диск состоит из трех субдисков. Остальные из девяти первых дисков, т. е. диски *1,6,7,8* и *9*, состоят каждый из двух субдисков. Кроме того, различим бледный, простой диск между дисками *3* и *4*, и другие слабые диски видны в местах, ранее казавшихся междисковыми районами, как, например, в передней части вздутия.

Весьма вероятно, что при использовании еще более коротковолнового света диск *2d* и другие, относительно толстые субдиски окажутся разложенными на более тонкие структуры.

На основании генетических данных, приведенных в начале работы, нужно полагать, что диск *2* состоит из несколько более чем четырех генетически разделимых частей, но число их вряд ли значительно больше. Возможно поэтому, что более тонкие субдиски связаны с локусами отдельных генов (мы, однако, не хотим этим сказать, что хроматин является необходимой составной частью гена).

Продолжение генетического анализа разрывов, сопровождаемое цитологическим их изучением, должно сделать этот вопрос разрешимым в не очень далеком будущем. В настоящее время интересно отметить, что субдиски равномернее распределены по длине хромозомы, чем грубые диски, различимые в видимом свете.

Если в отношении дисков, видимых при более грубых оптических методах, было правильно утверждение, что гены локализованы в районах,

покрытых ими, то теперь становится вероятным, что они находятся также и в более бедных хроматином районах, описывавшихся ранее как районы междисковые. В то же время теперь может быть поставлен вопрос: представляют ли, при степени разрешения, достижимой в ультрафиолетовом свете, темные линии места расположения генов, или же (согласно предположению Кольцова в „Science“, высказанному им, однако, применительно к более грубым дискам, видимым в обычном свете) тонкие темные линии соответствуют местам связей между генами?

На некоторых из наших фотографий ясна также сложность строения дисков и в поперечном направлении и можно видеть, что „кольцо“, или „диск“, в действительности состоит приблизительно из 16 элементов в поле зрения (и вероятно такого же числа элементов с другой стороны хромозомы, что дает, в общей сложности, 32). Более того, имеется указание на парность всех этих элементов (в направлении, перпендикулярном к оси хромозомы), что гармонирует со взглядом, согласно которому хромонемы первично притягиваются попарно. При отсутствии указаний на дальнейшее разложение этих элементов в поперечном направлении это приводит к 64 хромонемам, содержащимся в хромозоме; из каждого исходного гомолога возникает 32 хромонемы путем последовательного удвоения.

Мы надеемся изучить этот вопрос более детально в дальнейшем, в настоящем же исследовании мы концентрировали свое внимание на сложности структуры в продольном направлении.

Институт генетики Академии Наук СССР, Москва, и Государственный оптический институт, Ленинград.

Поступило 1 I 1935.

GENETICS

THE OPTICAL DISSOCIATION OF *DROSOPHILA* CHROMOMERES BY MEANS OF ULTRAVIOLET LIGHT

By J. ELLENHORN, A. PROKOFJEVA, and H. J. MULLER,

Corresponding Member of the Academy

The problem

In recent studies of Muller and Prokofyeva ([1, 2]) it has been shown that the transverse rings or discs visible in the chromosomes of the salivary glands of *Drosophila melanogaster* may have a genetically compound structure (in the direction longitudinal to the chromosome) even when — as in the case of the ring investigated, No *2* of the *X*-chromosome — they appear single or at most double, as seen or photographed by ordinary optical methods. On the theory of Koltzoff ([6]), these chromosomes of the salivary glands consist of many conjugated identical chromonemas, extended to their full length and having their corresponding chromomeres lying side by side and often optically confluent.* This morphological analysis of the structure of these chromosomes into parallel threads with apposed nodes was in fact

* According to a report in 'Science Service' (printed in 'Science', October 5th, 1934) Bridges has recently come to the same conclusion on the basis of observations of his own. Koltzoff's theory was described to us by him and sent to press in April, 1934.

described and figured by Carnoy (5) as early as 1884, although of course he did not realize the significance and method of derivation of the threads.*

The rings, may be said to represent chromomeres and a compound structure of the rings (in a direction longitudinal to the chromosome) implies a corresponding compound structure of the chromomere in the individual chromonema.

The demonstration of this compound nature of the chromomere in *Drosophila* was effected by a combined genetic and cytological study of cases of chromosome breakage which had been selected — by reason of their having position effects on the same or near by genes — to lie very close together in a highly restricted region of a chromosome (that of yellow and scute). A genetic map of the relative positions of seven cases of breakage was made (this has now been extended), by means of a special genetic method involving the investigation of individuals representing recombinations between all the cases of breakage taken two at a time. It was shown that these seven breaks lay in only four main positions — if there were a greater number of different positions than this, these other positions lay so near to the former that the absence of the chromonema in the interval between caused neither death nor any easily distinguished morphological effect. Thus it became very improbable that there were many more possible positions of breakage such that they include between them genes of the type usually dealt with, and it could be said that the distances between the breaks found were at least of the order of size of individual genes. By a continuation of the study by the same method one should be able to find all the possible points of breakage within the given region and thus obtain interspaces exactly corresponding with individual genes (unless the latter should themselves be divisible into 'subgenes'). One interval between two breaks could already be shown to include just two genes, inasmuch as the absence of it produced the phaenotypic effects expected from the absence of these two genes ('yellow' and 'achaete').

Cytological study of the salivary gland chromosomes (following Painter's method) showed that all these cases of breakage had occurred within the limits of the same ring (*2*) and that the differences in position were just visible (in each case of breaks lying in positions shown genetically to be different but adjacent), by comparsion of the thickness of the rings in a series of specimens of each of the two types in question. Thus differences in length, of the order of size of two genes, were found to be just discernible by visible light. It does not follow, however, that points at such a distance from one another should be separately discernible in one and the same preparation, for this might require a higher resolving power than the determination of the existence of a difference in thickness of this amount when two whole series were compared. This would especially be true if the objects in question were not points but had considerable thickness relative to the size of the interval between them. Moreover, since differences of two genes were barely visible, the discrimination of distances of only one gene rather than two might well be quite below the limits of vision by ordinary methods. At the same time the results made it rather likely that the distances between the breaks and even the individual gene lengths were not very much below the limit of visibility.

* Attention may be directed at this point to the fact that Kostoff (1) in 1930 suggested that the succession of transverse striations in the salivary gland chromosomes might be an expression of the linear arrangement of their contained genes.

It was accordingly suggested by Muller (2) that ultraviolet light might provide just that extra power of resolution which would give a demonstration of the fact that the rings (i. e. chromomeres) were really more compound than could be seen by ordinary methods, and might even reveal the individual genes. It was, therefore, decided to make an attack upon the structure of the salivary gland chromosomes by means of a quartz microscope of high resolving power, utilizing ultraviolet light. Attention was concentrated upon the region already most intensively investigated, namely the left end of the *X*-chromosome. The operations with the quartz microscope were carried out made by Ellenhorn at the State Optical Institute in Leningrad.

Methods

An attempt was first made to investigate the structure of the chromosome in the living condition, but experience soon showed that when the nucleus was broken and subjected to the necessary pressure to spread the chromosomes apart and allow their identification, *post mortem* changes occurred before it was possible to prepare and locate the required object, bring it into focus and take the photographs. As these changes were much more drastic than those caused by the most drastic fixation, it was found necessary at this stage of the investigation to use fixed material. The preparations of the salivary glands were fixed in 45% acetic acid and then pressed out between the quartz slide and quartz cover glass in a mixture of equal parts of this solution and of concentrated chloral hydrate. It had previously been found by Prokofjeva that chloral hydrate was of considerable help both in regard to the elasticity and the visibility of the chromosomes when examined by visible light. No stain was used. Ultraviolet light from a magnesium spark, possessing a wave length of about 280 mμ was used (as a matter of fact there are here groups of spectral lines present, but they occupy a limited region of the spectrum). The utilization of this invisible light required, of course, microphotography in order to make a visible image possible. The photographs were taken through a Zeiss quartz monochromatic objective of numerical aperture 1.25, and a 10 × quartz ocular; the distance between ocular and plate was 40 cm. In printing, the negatives were enlarged approximately three diameters.

Use of ultraviolet light for investigation of the fine structures of chromosomes is of importance in two ways:

1. Since the resolving power of a microscope is inversely proportional to the wave length of the light used, the resolving power will be doubled if ultraviolet light of a wave length of 280 mμ is used, as in a quartz microscope, instead of visible white light having its maximum intensity at 555 mμ.

2. Köhler in (3) 1904 showed that chromatin has the power of absorbing ultraviolet light. Thanks to this, chromosomes do not require staining when investigated by such light. This fact has great significance in the investigation of the fine chromatin discs, since many stains (for instance haematoxylin or carmine), when desposited upon the discs, have a tendency to obscure or to disarrange the very finest structures.

Better results may be expected in the future than in this preliminary work, in optical respects, by the use of: 1) ultraviolet light from a cadmium spark, which has, as indicated by Köhler, a more definitely monochromatic spectral line of approximately the same wave length, 2) light having

oblique incidence only instead of a filled cone of light in the illuminating condensor, 3) special photographic plates of high resolution.

The introduction of all these refinements is desirable in view of the high probability that such further work will bring out new details in the discs. In addition, it is intended in the Optical Institute to attempt a more decisive improvement in the resolving power by constructing microscope objectives for smaller wave lengths.

Observations

Investigation of the microphotographs obtained by the use of ultraviolet light and comparison of the structures appearing in them with those seen or photographed by visible light, gives the following results. All the discs seen as units or at most as double (or doubtfully double) in the left end of the *X*-chromosome of *Drosophila melanogaster*, except disc *O* and possibly disc *4*, which have so far appeared to be simple, are seen by ultraviolet light to consist of several very fine subdiscs arranged close together. The second disc consists of at least four of these fine subdiscs (lettered *a* to *d* in the photograph), of which subdisc *d* appears the thickest. The third disc also consists of four fine subdiscs. The fifth disc consists of three subdiscs. The remainder of the first nine discs — namely, discs *1*, *6*, *7*, *8*, and *9* — each consist of two subdiscs. In addition, a faint single disc is just discernible between discs *3* and *4*, and other faint discs are seen elsewhere in what previously seemed internodal regions, for example, in the anterior portion of the bulb.

It is very probable that by the use of light of still shorter wave length at least disc *2d* and other relatively heavy subdiscs would become dissociated into finer structures. There is genetic reason, referred to in our opening section, to conclude that disc *2* is compounded of somewhat more than four genetically separable parts, but there are not likely to be very many more. It is possible, therefore, that the finer subdiscs may serve to mark the locations of individual genes (although we do not imply here that the chromatin is a necessary component part of the gene). Continuation of the method of genetic analysis of breaks near together accompanied by a cytological study, should make this question soluble in the not very distant future. In the meantime it is interesting to observe that the subdiscs are more uniformly distributed through the length of the chromosome than are the coarser discs distinguished by visible light.

While, so far as the discs seen by coarser optical methods (visible light) are concerned, it is correct to say that genes lie within the region covered by them, it is seen now to be probable that they are also contained within the less deeply chromatic regions that have been referred to as internodes. At the same time the question must now be raised whether, on the scale of fineness of ultraviolet resolution, the fine dark lines represent the positions of the genes or (following Koltzoff's suggestion in 'Science', which however was framed with reference to the coarser discs seen with visible light) whether the fine dark lines represent the positions of joints between the genes.

In some regions of our photographs the compound nature of the discs in the transverse direction was also quite evident and it could be seen that the 'disc' or 'ring' really consisted of about sixteen elements in the field of vision (with an equal number probably on the other side of the chromosome; this would make about 32). There was a suggestion moreover of each

of these elements being paired (in a direction transverse to the longitudial axis of the chromosome), in harmony with the conception that chromonemas primarily attract one another two by two. As there was no further resolution of the elements in a transverse direction, this would make 64 chromonemas present in the chromosome altogether, 32 derived from each original homologue, by a process of five successive doublings. It is hoped to investigate this question in more detail subsequently, our present interest having been concentrated chiefly upon the compoundness of structure in the longitudinal direction.

Institute of Genetics, Academy
of Sciences of the USSR, Moscow,
and State Optical Institute, Leningrad.

Received
1. I. 1935.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] H. J. Muller and A. A. Prokofjeva. C. R. Acad. Sci. URSS, 1934, v. IV, No 1—2. [2] Idem. Nat. Acad. Sci. USA, 21, Jan. 1935. [3] Köhler. ZS. f. wiss. Mikr. und f. mikr. Techn., Bd. 21, 129—304, 1904. [4] Kostoff. Journ. Heredity, vol. 21, No 7, July 1930. [5] Carnoy. La biologie cellulaire. Paris, 1884. [6] N. K. Koltzoff. Science, 59, 497—502, 1934. [7] Painter. Science, 78, 585—586, 1933; Genetics, 19, 175—188, 1934.

ГЕНЕТИКА

П. В. ТЕРЕНТЬЕВ

К ВОПРОСУ О РЕАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПИРСОНОВСКИХ ТИПОВ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

(*Представлено академиком ВУАН А. А. Сапегиным 17 X 1934*)

В известной сводке Филипченко (1) приведен заимствованный у Де Фриза (2) пример так называемых „половинных“ кривых: число чашелистиков *Caltha palustris* L. (Fam. *Ranunculaceae*) варьирует от 5 до 9, причем мода приходится на первый слева класс. Случай помог мне произвести подсчет указанного признака у большого числа экземпляров, росших по берегам маленьких речек Таррыганки и Саженки в окрестностях г. Чердыни, Верхнекамского округа, Уральской области. Оказалось, что хотя кривая и очень асимметрична, но „двускатна“, а не „односкатна“, как полагал Де Фриз. Можно, конечно, искать причину расхождения в различии географических точек, но, думается, дело обстоит проще: цветки с числом чашелистиков менее пяти имеют столь малую относительную частость, что попасть в весьма скромную по размерам выборку Де Фриза они естественно не могли; только исследование материала в числе тысяч доводит математическое ожидание подобных случаев до выявления в поле зрения наблюдателя. Разумеется нужно отличать „естественные“ 3- и 4-чашелистиковые экземпляры *Caltha* от дефектных (опадающих); внимательное рассмотрение всегда устанавливает истину.

Заинтересовавшись изложенным, я произвел наблюдения над *Caltha* на том же самом месте еще в течение двух лет. В результате в моих руках оказались такие ряды (см. табл. 1):

Таблица 1—Tabelle 1

№	Какой, откуда Herkunft	Чашелистиков — Kelchblätterzahl							Σ
		3	4	5	6	7	8	9	
1	De Vries (fide Filipčenko) .	—	—	223	45	6	4	3	281
2	Таррыганка . . . . . 5 VI 1927 Tarryganka	2	21	605	49	1	—	—	678
3	Саженка . . . . . 5 VI 1927 Sazhenka	—	16	1456	160	17	2	1	1652
4	Таррыганка . . . . . 4 VI 1928 Tarryganka	2	39	2772	345	27	5	2	3192
5	Таррыганка . . . . . 8 VI 1929 Tarryganka	—	23	2156	311	42	10	6	2548

Рассмотрение их толкало на попытку более глубокого анализа — в частности на попытку установить тип кривой изменчивости, исходя из системы Пирсона. Как известно ([3]), последний предложил в качестве основных аргументов β_1 и β_2, из которых потом строятся два критерия K_1 и K_2 ([4]). Для кривых *Caltha* получились такие значения констант (см. табл. 2):

Таблица 2—Tabelle 2

№	$M \pm er$	$\pm\sigma \pm er$	β_1	β_2	K_1	K_2	Тип Typus
1	5.2883 ± 0.0273	0.6793 ± 0.0193	9.69	14.22	— 1.64	— 3.89	I
2	5.0383 ± 0.0090	0.3456 ± 0.0063	0.14	11.95	17.47	0.01	IV
3	5.1138 ± 0.0065	0.3941 ± 0.0046	9.27	17.70	1.58	14.62	VI
4	5.1187 ± 0.0049	0.4082 ± 0.0034	6.99	16.32	5.66	2.60	VI
5	5.1672 ± 0.0066	0.4220 ± 0.0046	9.94	17.46	— 0.90	—28.82	I

Из этого следует, что появившиеся за последнее время сомнения ([5, 6]) по поводу значимости для биологических объектов пирсоновских типов кривых вполне основательны.

Институт генетики.
Академия Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
17 X 1934.

GENETIK

ZUR FRAGE DER REALEN BEDEUTUNG DER PEARSON'SCHEN TYPEN DER VERTEILUNGSKURVEN FÜR BIOLOGISCHE OBJEKTE

Von P. TERENTJEV

(*Vorgelegt von A. Sapehin, Mitglied der ukrainischen Akademie, d. 17. X. 1934*)

In der bekannten zusammenfassenden Arbeit Filipčenko's (1) wird ein de Vries (2) entlehntes Beispiel sogenannter „halben" Kurven angeführt: die Zahl der Kelchblätter von *Caltha palustris* L. (Fam. *Ranunculaceae*) variiert von 5 bis 9, wobei der Modus auf die erste Klasse von links fällt. Zufällig hatte ich Gelegenheit, eine Kontrolle des angegebenen Merkmals bei einer grossen Zahl von Exemplaren durchzuführen. Die Pflanzen wuchsen an den Ufern der kleinen Flüsschen Tarryganka und Sazhenka in der Umgebung der Stadt Tscherdyn im Kreis Werchne-Kamsk des Uralgebietes. Es erwies sich, dass die Kurve, obwohl sehr asymmetrisch, doch nach zwei Seiten abfällt, und nicht „einseitig" ist, wie de Vries annahm. Der Grund dieser Differenz kann natürlich in der Verschiedenheit der geographischen Punkte gesucht werden, ich glaube jedoch, dass sich die Sache einfacher verhält. Blüten mit einer Kelchblätterzahl von weniger als 5 sind verhältnismässig so selten, dass sie in der quantitativ sehr bescheidenen Auslese von de Vries natürlich fehlen mussten; nur die Untersuchung eines nach Tausenden bemessenen Materials führt dazu, dass solche mathematisch zu erwartenden Fälle in den Gesichtskreis des Beobachters gelangen. Selbstverständlich muss zwischen Exemplaren der *Caltha palustris*, die die „natürliche" Kelchblätterzahl 3—4 aufweisen, und defekten (sich entblätternden) Exemplaren ein Unterschied gemacht werden: eine aufmerksame Betrachtung lässt stets den wahren Sachverhalt erkennen.

Durch diese Tatsache angeregt, wiederholte ich die Beobachtungen an der *Caltha* an demselben Orte noch im Laufe zweier Jahre. So verfügte ich also schliesslich über die Reihen (s. Tabelle 1, S. 243).

Die Betrachtung dieser Reihen legte den Versuch einer gründlichen Analyse nahe, speziell den Versuch der Bestimmung des Typus der Variationskurve ausgehend von Pearson's System. Bekanntlich hat letzterer (3) als Grundargumente β_1 und β_2 vorgeschlagen, auf denen später zwei Kriterien K_1 und K_2 (4) aufgebaut werden. Für die *Caltha*-Kurven ergaben sich die Werte der Konstanten (s. Tabelle 2, S. 243).

Daraus folgt, dass die neuerdings geäusserten Zweifel (5) (6) an der Anwendbarkeit der Pearson'schen Kurventypen auf biologische Objekte durchaus begründet sind.

Institut für Genetik
der Akademie der Wissenchaften
der UdSSR. Leningrad.

Eingegangen
d. 17. X. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

1 Ю. А. Филипченко. Изменчивость и методы ее изучения. 4-е изд., 1929, стр. 104—105, 267. J. Filipčenko. Variabilität und Methoden ihrer Erforschung. 4. Aufl., 1929, S. 104—105, 267. 2 De Vries. Ber. deutsch. bot. Ges., 12, 1894. 3 Elderton. Frequency Curves and Correlation. 2nd ed., 1927, ch. IV. 4 Pearson. Tables for Statisticians and Biometricians. 2nd ed., Pt I, 1924, p. LXII. 5 Серебров-

ский. Сб. „Статистический метод в научном исследовании", изд. Комм. Акад., 1925, стр. 135—143. Serebrovskij. „Die statistische Methode in der wissenschaftlichen Forschung", hgg. v. d. Komm. Akad., 1925, SS. 135—143. [6] Боярский, Старовский, Хотионский, Ястремский. Теория математической статистики. 1931, стр. 156—158. Bojarskij, Starovskij, Chotionskij u. Jastremskij. Theorie der mathematischen Statistik. 1931, SS. 156—158.

БИОЛОГИЯ

Е. М. ВЕРМЕЛЬ и М. С. МИЦКЕВИЧ

О ВЛИЯНИИ ГОРМОНОВ НА РОСТ ТКАНЕВЫХ КУЛЬТУР

(Представлено академиком А. А. Рихтером 15 XI 1934)

За последние 30 лет выяснено, какое огромное влияние оказывают гормоны на рост и формообразование организма.

Естественно было заняться исследованием влияния этих столь активных веществ на ткани, изолированные от организма, ибо таким образом, выясняя вопрос о прямом или косвенном воздействии гормонов на отдельные ткани, можно было ожидать получения интересных материалов в отношении выяснения механизма действия гормонов на организм. Можно указать на целый ряд работ, посвященных как раз этой проблеме.

Гормон щитовидной железы оказывает на рост культур, повидимому, стимулирующее влияние, это уже давно было отмечено Кареллем (1913) и подтверждено позднее Иблингом (1924), Каррелем и Бейкером (1928) и Семура (1929). Во всех этих исследованиях экстракты щитовидных желез добавлялись к среде, в которой выращивались культуры соединительной ткани. Усиление роста пенсеновской саркомы в присутствии ткани щитовидной и половых желез описано Закржевским (1929), однако, Роффо (1930) это подтверждено не было. По данным Семура и Сейши (1931) стимулирует рост также препарат передней доли гипофиза — антуитрин. Активируют рост только слабые разведения антуитрина, высокие же концентрации, наоборот, его угнетают. Затем активация роста фиброцитов описана Катсура (1922) при добавлении экстракта тимуса. Наконец, следует указать на ряд работ Кронтовского относительно влияния инсулина (1926—1932). Эти опыты большей частью ставились так, что гормон вводился животным, и затем на их плазме велись культуры, либо же гормон прибавлялся непосредственно к среде. Отмечена активация роста тканей селезенки и значительное усиление потребления культурами сахара. Различные ткани реагируют на воздействие инсулина, повидимому, различно.

Среди всей массы полученных в настоящее время гормонов особый интерес представляет, конечно, так наз. гормон роста, потому что наиболее характерным в культуре является ее регенерационный рост, и поэтому именно в этом случае с особенной ясностью может быть поставлен вопрос о прямом или косвенном влиянии гормона на ткань. Этой теме и посвящено в основном данное сообщение.

Кроме того мы изучали влияние тироксина.

Материал и методика

Приготовление гормона роста, применявшегося в настоящем исследовании, производилось по методике, разработанной Эвансом (1929) и модифицированной Хевиттом (1929). Проверка активности полученного

экстракта производилась на крысах, которые под влиянием ежедневных инъекций обнаруживали резкое увеличение в размерах и весе по сравнению с контрольными животными, подвергавшимися ежедневной инъекции солевого раствора той же концентрации, как и в экстракте.

Тироксин брался фабрики Гофман-Ла-Рош. Культуры ставились на ткани сердца и кожи куриного эмбриона 7—9-дневного возраста. Метод постановки культур был обычный: средой служили гемоплазма, эмбриональный экстракт и добавки гормона. Культивирование велось по методу висячей капли на круглых покровных стеклышках, приклеиваемых каплей рингеровской жидкости к слюдяной пластинке.

Экспериментальные данные

1. В первой серии опытов мы поставили себе задачей выяснить, в какой мере гормон роста может заменить стимулирующее влияние эмбриональных экстрактов. Для этого кусочки сердца эксплантировались в гомоплазму без эмбрионального экстракта и к ней добавлялось равное количество гормона роста. Можно со всей определенностью сказать, что данный гормон не токсичен, ибо кусочки продолжали пульсировать очень длительные сроки, в особенности, если через каждые двое суток проделывать реновации путем 15—30-минутного промывания в жидкости Рингер-Локка; после таких реноваций к кусочкам добавлялось небольшое количество свежего гормона или гормона с плазмой. Что касается активного роста, то следует сказать, что при полном отсутствии эмбрионального экстракта он не только не стимулируется, но даже несколько замедляется. Таким образом гормон роста сам по себе не является активатором регенерационного роста культуры, ибо в отсутствии экстракта почти никаких влияний на так наз. остаточный рост отметить нельзя. Мы подчеркнули в предыдущей фразе слово регенерационный рост, так как опытов длительного культивирования в гепариновой плазме в чашечках Карреля по методу Фишера мы не проделывали. В этих условиях теоретически хотя и возможно ожидать иного действия гормона роста, так как в этом случае имеется более стабилизированный тканевый комплекс, специфически реагирующий в соответствии со своими свойствами на разнообразные внешние воздействия. Однако, нам кажется маловероятным, чтобы и в этих условиях гормон роста оказал рост-стимулирующее влияние, ибо нам неоднократно приходилось наблюдать, как периферические клетки роста проявляли при добавлении гормона усиленную тенденцию к отрыву или, вернее, изоляции и, конечно, гибли. Это явление в подопытных культурах было всегда выражено значительно резче, чем в контроле. Отсюда можно думать, что гормон роста влияет скорее в сторону дезорганизации пласта клеток и не дает, таким образом, предпосылок к его разрастанию.

Мы уже отмечали, что прибавление гормона роста к культурам (мы брали неразведенный экстракт, а также в разведении 1:2 и 1:4) оказывает на остаточный рост скорее задерживающее влияние. Это следует понимать так, что он не препятствует, очевидно, миграции клеток, но митозы в ткани более редки. Морфологически такие культуры редко можно характеризовать тесным слоем клеток зоны роста; в огромном большинстве случаев это отдельные тяжи фиброцитов, тесно между собою переплетающиеся и анастомозирующие.

Вторая серия опытов заключалась в том, что гормон добавлялся в небольших количествах к слабому эмбриональному экстракту (большей

частью в отношении 1:4, и этой смесью производилась реновация культур, выроставших из эксплантата сердца. Однако, и при этом методе опыт был весьма близок к контролю, и мы никаких ясных отличий отметить не могли. Не могли мы также отметить вполне ясных отклонений в скорости роста и в тех случаях, когда гормон прибавлялся к среде с момента эксплантации.

2. Наши опыты с добавлением тироксина прежде всего показали, что соединительно-тканные клетки переносят его в очень больших дозах без всяких признаков дегенерации. Мы брали как очень большие дозы (1 капля раствора — 1 мг в 1 см^3 — на 10 капель жидкости Рингер-Локка), так и дозы малые (1:100). В подтверждение того, что уже из литературы известно, в наших опытах можно отметить, что слабые дозы показали известную, но небольшую стимуляцию роста фиброцитов сердца и задержку в присутствии больших количеств тироксина. Активнее шел рост также из кусочков селезенки. В этой ткани можно отметить ускорение также процессов развития, т. е. гистиоидные элементы скорее превращались в макрофаги, а эти последние, сливаясь друг с другом, быстро давали огромные синцитии.

Общие замечания

Итак, мы видим, что гормон роста не активирует остаточный рост и не дает сколько-нибудь ясной стимуляции роста в присутствии небольших количеств эмбрионального экстракта. Но если гормон роста не является прямым активатором роста, тогда, следовательно, механизм его воздействия на организм можно себе представлять как ограничивающее или, вернее, ослабляющее влияние на общие координирующие связи организма, сдерживающие нарастание числа или размеров клеток в определенных пределах. С другой стороны, возможно, что гормон роста влияет на другие органы или ткани, выделяющие уже прямые активаторы.

Действие гормонов на ткань в организме без сомнения многообразно, и поэтому надо думать, что во всех случаях имеет место как прямое, так и косвенное их влияние на клетки. Мы видели, что тироксин и инсулин действительно активируют обмен, а поэтому, конечно, и рост клеток в культуре, но вместе с тем влияние этих гормонов на ткани in vitro и in situ — очень различно. Однако, на основании тех сведений, которыми мы располагаем в настоящее время, трудно сказать, насколько специфична активация роста культур под влиянием испытываемого гормона, так как рост может быть ускорен и замедлен бесконечным числом разнообразных веществ, но, с другой стороны, a priori нельзя сказать, что присутствие гормонов в среде необязательно. Ашер и Ушида (1925), например, утверждают, что рост тканей на плазме тиреоидектомированных животных идет очень плохо. Данные эти нуждаются, конечно, в более широкой проверке, но они заслуживают серьезного внимания. Можно, например, предполагать, что недавно описанные в плазме крови Вильмером и Кенлалем (1932) „дополнительные“ вещества (без них не идет усваивание протеоз) являются гормональными активаторами. На основе данных Ашера и Ушида законна гипотеза, что отсутствие в плазме тироксина является причиной плохого роста культуры, хотя возможно, что здесь имеет место не столь прямая зависимость. Аналогичное можно предполагать и в отношении гормона роста. Исходя из этих соображений, нужно сказать, что старый взгляд на значение плазмы как простой механической опоры для мигрирующих клеток все более приходится оставлять.

Итак, поскольку энергично активирующий рост организма гормон роста из передней доли гипофиза в культурах in vitro оказывается не активен, мы вправе делать вывод о его не прямом действии на клетки и ткань. В заключение еще раз отметим, что наши данные в отношении гормона роста не могут быть исчерпывающими, так как влияние его на медленный и длительный рост тканей в чашечках не испытан.

Выводы

1. Культуры соединительной ткани цыпленка (фибробласты кожи и сердца, макрофаги селезенки) очень стойки в отношении гормона щитовидной железы тироксина. Задерживающее его влияние начинает сказываться только начиная с больших концентраций, слабые дозы, наоборот, несколько активируют развитие тканевой культуры.

2. На культуры соединительной ткани цыпленка (фибробласты сердца) гормон роста передней доли гипофиза не оказывает заметного рост-активирующего влияния, оставаясь индифферентным.

3. Имея в виду многообразие влияний гормонов на организм животного, следует думать, что прямым влиянием гормонов на клетки и ткани в организме их воздействие далеко не исчерпывается.

Институт зоологии Московского государственного университета и Биологический институт им. К. А. Тимирязева.

Поступило 15 XI 1934.

BIOLOGIE

ÜBER DEN EINFLUSS DER HORMONEN AUF DAS WACHSTUM DER GEWEBEKULTUREN

Von E. WERMEL und M. MICKEVIČ

(Vorgelegt von A. Richter, Mitglied der Akademie, d. 15. XI. 1934)

ZUSAMMENFASSUNG

1. Kulturen von Bindegewebe des Kücken (Fibrozyten der Haut und des Herzen, Makrophagen der Milz) sind in Bezug auf das Schilddrüsenhormon sehr standhaft. Seine hemmende Wirkung beginnt erst an sich geltend zu machen von hohen Konzentrationen. Niedrige Konzentrationen dagegen aktivieren bis zu einem gewissen Grad die Entwicklung der Gewebekultur.

2. Das Wachstumshormon des Hypophysenvorderlappens übt keinen bemerkenswerten wachstumhemmenden Einfluss auf Kulturen des interstitiellen Kückengewebes (Fibrozyten des Herzens) aus, indifferent sondern bleibt.

3. Wenn man die Mannigfaltigkeit der Einflüsse der Hormone auf den Organismus der Tiere in Betracht zieht, kann man voraussetzen, dass ihre Einwirkungen durch die direkte Einwirkung der Hormone auf die Zellen und Gewebe nicht erschöpft werden.

Zoologisches Institut der Universität und Timiriazev'sches biologisches Institut. Moskau.

Eingegangen d. 15. XI. 1934.

А. А. ЛИНДБЕРГ

О ДЕЙСТВИИ КОФЕИНА НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

(*Представлено академиком И. П. Павловым 3 XII 1934*)

Влияние кофеина на условно-рефлекторную деятельность собаки изучалось уже в лабораториях акад. И. П. Павлова (П. М. Никофоровский, 1910 и др.); однако в этих исследованиях преимущественное внимание было направлено на выяснение влияния этого вещества на процессы торможения; при этом было установлено, что „кофеин в малых дозах (от 0.025 до 0.05) уничтожает дифференцировочную способность анализаторов“ (Никифоровский, 1910, диссертация, СПб).

Широкое развитие учения об условных рефлексах за последние годы позволило глубже проникнуть в основные механизмы деятельности коры и во взаимоотношения между процессами возбуждения и торможения в коре. Вследствие этого снова стала на очередь задача детального изучения действия различных фармакологических веществ на мозговую кору с тем, чтобы, с одной стороны, с большей полнотой изучить фармакологию их, а с другой стороны, в надежде, что в дальнейшем применение этих веществ, действие которых будет предварительно изучено, облегчит полное выяснение взаимодействия между возбуждением и торможением.

В настоящем предварительном сообщении я могу представить тот новый материал, который был получен мною в этом отношении; при этом я должен указать, что подробная регистрация хода условного слюноотделения (Купалов, 1925), вместо регистрации валовой величины рефлекса за весь период действия положительных условных рефлексов, при исследовании этого вопроса оказалась очень полезной.

Как известно, при работе с пищевыми условными рефлексами все искусственные раздражители применяются с некоторым отставлением от начала действия безусловного пищевого раздражителя, который они сигнализируют; в обычных условиях опыта это отставление равно 10—30 сек.; при этом обычно отмечается валовая величина условных рефлексов за весь период действия условных раздражителей. Лишь в некоторых специальных опытах (П. С. Купалов, 1925 и в последние годы ряд сотрудников) не ограничиваются этими данными, а отмечают слюноотделение за отдельные дробные отрезки времени действия условных раздражителей. Таким образом, оказывается возможным установить, кроме величины условных рефлексов, также и совершенно характерный для данного животного и весьма постоянный в обычных условиях опыта нормальный ход условного слюноотделения. Так как в последующем я ограничусь сообщением данных о действии кофеина на высшую нервную деятельность собак, принадлежащих к сильному типу, то я укажу лишь на то, что у собак сильного нервного типа ход условного слюноотделения за период отставления раздражителей характеризуется постоянным и правильным увеличением условного слюноотделения к концу изолированного действия условных раздражителей. В таком виде ход слюноотделения представлялся в норме и у моих подопытных собак.

Обе подопытные собаки принадлежали к сильному типу, но „Полкан“ отличался вместе с тем полным равновесием между раздражительным и тормозным процессом, а у „Марса“, отличавшегося большой силой процесса возбуждения, имелась относительная слабость тормозного процесса. У собак был выработан ряд положительных условных рефлексов на различные по силе раздражители; время изолированного действия

было у „Марса“ 30 сек., а у „Полкана“ в первой серии опытов — 15 сек. и во второй — 30 сек. Кроме того, у обеих собак имелись тормозные рефлексы; последние были у „Полкана“ очень прочными и постоянными, а у „Марса“ не отличались ни полнотою, ни постоянством.

Кофеин (coffeinum purum) давался подкожно (в виде раствора 1:30), в желудок (при помощи желудочного зонда, 1:250) и внутривенно (раствор 1:30) за 15—30 мин. до начала обычного опыта. Сама процедура введения этого вещества никаких изменений высшей нервной деятельности не вызывала, так как собаки были совершенно приучены к ней.

В результате исследования были получены следующие основные данные об изменениях условно-рефлекторной деятельности у собак сильного нервного типа под влиянием кофеина.

1. Маленькая доза кофеина в 0.2—0.3 г (подкожно и в желудок) вызывает очень незначительные изменения условно-рефлекторной деятельности; происходит очень небольшое увеличение положительных условных рефлексов, ход слюноотделения остается совершенно правильным. Прочно выработанные тормозные рефлексы сохраняют свое полное действие; неукрепившиеся тормозные рефлексы подвергаются некоторому растормаживанию у собак с относительно слабым торможением („Марс“).

2. Средние дозы чистого кофеина в 0.5 г (подкожно и в желудок) вызывают значительное повышение всех положительных условных рефлексов (на 15—20% по сравнению с нормой), причем рефлексы на слабые раздражители (напр. свет 50 W) дают наибольшее увеличение; нередко наблюдается уравнительная фаза на высоком уровне. Вместе с тем наблюдается небольшое растормаживание тормозных рефлексов.

При анализе хода слюноотделения, отличавшегося у этих собак большой правильностью и постоянством, отмечаются следующие изменения: а) происходит значительное увеличение слюноотделения за первые 5 сек. действия условных раздражителей, в то время как оно за последние 5 сек. или остается без изменений, или даже немного падает по сравнению с нормой (табл. 1); в результате этого отношение между этими величинами, которое в норме больше чем 1:2, изменяется до 1:1.5—1.6; б) одновременно наблюдается также уменьшение разницы между величиной слюноотделения за четвертые и последние 5 сек., которая в норме характеризует нарастание слюноотделения к моменту присоединения безусловного раздражителя.

Необходимо отметить, что эти изменения в ходе условного слюноотделения значительно резче выражены в первой половине опыта, т. е. в ближайшие полчаса после введения кофеина, чем через больший срок.

Доза кофеина в 0.5 г, будучи введена в вену, вызывает гораздо более сильные изменения, которые в еще более резкой форме выступают при больших дозах кофеина (1.0) и будут разобраны в следующем пункте.

3. Большие дозы чистого кофеина (1.0) при подкожном и пероральном введении вызывают умеренное падение положительных условных рефлексов (на 10%) в первой половине опыта (в течение полчаса после введения) и некоторое растормаживание прочных дифференцировок; ход условного слюноотделения становится неправильным и приобретает в некоторых случаях волнообразный характер (табл. 2).

Наиболее сильные, но также весьма быстро проходящие изменения наступают после интравенозного введения кофеина в этой дозе; все положительные условные рефлексы оказываются резко пониженными

Таблица 1 — Tabelle 1

Ход условного слюноотделения по 5 секундам за 30 сек. действия кожно-механического раздражителя у „Марса“ в норме и после подкожного введения 0 5 кофеина за 15 мин. до опыта

Gang der bedingten Speichelsekretion auf positiven mechanischen Hautreiz „Mars“

	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	Всего за 30 сек. Total während 30 Sekunden
В норме . . . . . Norm	7	14	10	12	20	21	84
0.5 г чистого кофеина . 0.5 Koffein 15 Min. vor dem Versuch subkutan	12	17	16	16	16	20	97
В норме . . . . . Norm	8	9	10	12	13	17	69

Примечание: Как в этой, так и в последующих таблицах величины условных рефлексов показаны в делениях шкалы, при чем 100 дел. = 1 см³ = 20 каплям слюны.

Таблица 2 — Tabelle 2

Ход условного слюноотделения по 5 сек. за 30 сек. действия сильного акустического раздражителя у „Полкана“ в норме и после подкожного введения 1.0 г чистого кофеина

Gang der bedingten Speichelsekretion auf einen starken Gehörreiz „Polkan“

	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	Всего за 30 сек. Total während 30 Sekunden
В норме . . . . . Norm	10	11	13	16	19	19	88
После введения 1.0 г кофеина . . . . . 1.0 Koffein 15 Min. vor dem Versuch subkutan	9	12	15	12	16	15	79

(до 25—30%) на протяжении 30—50 мин. после введения яда; в дальнейшем следует быстрое возвращение условных рефлексов к нормальным величинам; при понижении положительных условных рефлексов тормозные раздражители сохраняют полное действие, а в период восстановления положительных условных рефлексов наблюдается значительное растормаживание их действия. Анализ хода условного слюноотделения позволяет глубже проникнуть в те изменения, которые претерпевает процесс возбуждения (табл. 3).

Таблица 3 — Tabelle 3

Ход условного слюноотделения по 5 сек. за 30 сек. действия кожно-механического раздражителя у „Марса" в норме и после внутривенного введения 1,0 г чистого кофеина за 15 мин. до опыта

Gang der bedingten Speichelsekretion auf einen mechanischen Hautreiz „Mars" in der Norm und nach intravenöser Einverleibung von 1,0 reinem Koffein 15 min. vor dem Versuch

	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	Всего за 30 сек. Total während 30 Sekunden
В норме . . . . . Norm	8	11	10	16	18	22	85
После внутривенного введения 1,0 кофеина 1,0 Koffein 15 min. vor dem Versuch intravenös	8	9	14	6	9	9	55

Из этих данных можно усмотреть, что 1) величина условного слюноотделения за первую половину действия раздражителя (1—15 сек.) почти не изменяется (31 против 29 в норме) и что 2) происходит резкое падение величины слюноотделения за вторую половину (16—30 сек.) — 24 в опыте с кофеином против 56 в норме. В некоторых случаях можно наблюдать несколько иной ход слюноотделения: в этих случаях величина его за первые 5 сек. оказывается несколько больше обычного, далее она держится до 15-й сек. на этом уровне и затем стремительно падает к концу слюноотделительного периода.

Далее необходимо отметить, что на следующий день после введения кофеина (независимо от дозы и способа введения) условно-рефлекторная деятельность не представляет никаких отклонений от нормы.

Все приведенные данные позволяют представить себе действие кофеина на деятельность высших отделов головного мозга следующим образом: 1) Маленькие дозы кофеина увеличивают возбудимость нервных элементов; в результате этого получается увеличение условного слюноотделения в первые моменты действия условных раздражителей; т. е. раз обусловленное возбуждение быстро наступает и быстро достигает максимума; однако истинное усиление процесса возбуждения при этом не имеет места, так как условное слюноотделение во вторую половину действия раздражителей, когда в норме происходит постепенно нарастание возбуждения, не увеличивается, а остается на определенном дости-

гнутом уровне. 2) При средних дозах кофеина наблюдается лишь слабая степень увеличения возбудимости нервных элементов и вместе с тем отмечается некоторое ослабление интенсивности возбуждения — ход слюноотделения представляет волнообразный характер. 3) При больших дозах кофеина увеличения возбудимости нервных элементов не наступает совершенно, и происходит резкое ослабление и истощение их; последнее выражается в быстром достижении известной максимальной, но, по сравнению с нормой, резко пониженной степени возбуждения и последующим быстрым ослаблением его, т. е. в хорошо известной картине раздражительной слабости.

На основании всего представленного материала мы можем притти к заключению, что по отношению к нервным элементам высших отделов головного мозга кофеин может рассматриваться до известной степени как вещество, увеличивающее возбудимость этих элементов, но ни в коей мере не может считаться веществом, усиливающим эти нервные элементы и тем самым увеличивающим работоспособность их, а, наоборот, должен рассматриваться как вещество, резко ослабляющее их и угнетающее их деятельность.

Физиологический институт.
Академия Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
3 XII 1934.

TIERPHYSIOLOGIE

ÜBER DIE WIRKUNG VON KOFFEIN AUF DIE GROSSHIRNRINDE

Von ALEXANDER LINDBERG

(*Vorgelegt von I. P. Pavlov, Mitglied der Akademie, d. 3. XII. 1934*)

Der Einfluss von Koffein auf die bedingt-reflektorische Nerventätigkeit des Hundes ist in Prof. I. P. Pavlov's Laboratorien bereits untersucht worden (z. B. Nikiforovskij, 1910, Diss. St. Petersburg); doch war die Bestrebung der Forscher in erster Reihe auf die Klarstellung der Frage der Beeinflussung der Hemmprozesse durch dieses Mittel gerichtet; dabei wurde festgestellt, dass „durch kleine Mengen Koffein (0.025—0.05 einem etwa 20 kg schweren Hunde) die Differenzierungsfähigkeit der Analysatoren vernichtet werde“ (l. c.).

Im Resultat der vielen Arbeiten über bedingte Reflexe, die im Laufe der letzten etwa 10 Jahre durchgeführt worden sind, hat sich z. Z. die Möglichkeit geboten, eine tiefere Einsicht in die Hauptmechanismen der Tätigkeit der Grosshirnrinde und in die Wechselbeziehungen zwischen den Prozessen der Erregung und Hemmung zu erhalten. Gegenwärtig steht vor uns wieder die Aufgabe, die Wirkung verschiedener Pharmaka auf die Grosshirnrinde zu untersuchen, einerseits um die pharmakologische Wirkug dieser Mittel klarzustellen, anderseits, um im weiteren, nachdem die Pharmakologie dieser Mittel genügend bekannt sein wird, auf den einen oder anderen kortikalen Prozess in bestimmter Richtung und in bestimmtem Masse einwirken zu können. In der vorliegenden vorläufigen Mitteilung wird das neue Tatsachenmaterial besprochen, das ich über diese Frage erhielt; doch möchte ich zuerst eine methodische Frage besprechen, die für diese Untersuchungen von grosser Bedeutung ist.

Wenn man mit bedingten Nahrungsreflexen arbeitet, so werden, wie allgemein bekannt, die künstlichen bedingten Reize, die die Nahrung signalisieren, im Laufe einer bestimmten Zeit isoliert angewandt und darauf durch Futter bekräftigt; die Dauer des Vorangehens der bedingten Reize ist gewöhnlich gleich 10—30 Sek; der Wert des Speichelreflexes wird gewöhnlich für die gesamte Zeit der isolierten Wirkung bestimmt (Totalwert des Reflexes). Nur in den letzten Jahren (P. Kupalov, 1925, und darauf andere Mitarbeiter von I. Pavlov) wird immer häufiger der Gang der Speichelsekretion während der isolierten Wirkung der Reize sehr genau registriert. Auf diese Weise ist es möglich für jedes Versuchstier nicht nur die Totalwerte der bedingten Reflexe auf verschiedene Reize zu bestimmen, sondern auch den für jedes Tier eigentümlichen und unter gewöhnlichen Versuchsbedingungen sehr beständigen Gang der bedingten Speichelsekretion. Da in dieser Mitteilung nur die Wirkung von Koffein auf die höchste Nerventätigkeit von Hunden, die dem starken Nerventypus angehören, besprochen wird, möchte ich, ohne auf die Frage über die Abhängigkeit des Ganges der bedingten Speichelsekretion vom Nerventypus der Versuchstiere ausführlicher einzugehen, nur in aller Kürze darauf hinweisen, dass die bedingte Speichelsekretion bei Hunden mit starkem Nervensystem sich durch einen sehr regelmässigen und beständigen Anstieg auszeichnet, wobei die Speichelmenge kurz vor dem Verabreichen von Futter die grössten Werte aufweist. Ein solcher Gang der bedingten Speichelsekretion war in der Norm auch meinen Versuchshunden eigen.

Die beiden Versuchstiere gehörten zum starken Nerventypus, doch war bei einem („Polkan") ein vollkommenes Gleichgewicht zwischen den Prozessen der Erregung und Hemmung, während das zweite („Mars") sich durch eine sehr grosse Stärke der Erregung und durch verhältnismässig schwache Hemmung auszeichnete. Bei diesen Tieren waren bedingte Nahrungsreflexe auf Reize verschiedener Intensität ausgearbeitet. Die Zeit der isolierten Wirkung der bedingten Reize betrug bei „Mars" 30 Sek. und bei „Polkan" in der ersten Versuchsreihe 15 Sek. und in der zweiten ebenfalls 30 Sek. Bei beiden Hunden waren auch negative Reflexe (Hemmungsreflexe); diese waren bei „Polkan" sehr fest und beständig, bei „Mars" aber weder vollkommen noch beständig.

Koffein (coffeinum purum) wurde subkutan in einer Lösung 1 : 30, peroral (Magensonde, Lösung 1 : 250) und intravenös (1 : 30) 15—30 Min. vor dem Experiment verabreicht.

Versuchsergebnisse über die Wirkung von Koffein auf die bedingt-reflektorische Nerventätigkeit bei Hunden mit starkem Nervensystem:

1. Durch kleine Mengen Koffein (0.2—0.3 subkutan und peroral) werden sehr geringe Veränderungen der bedingt-reflektorischen Nerventätigkeit hervorgebracht: die positiven bedingten Reflexe weisen gegen die Norm etwas gesteigerte Werte auf; der normale Gang der Speichelsekretion bleibt unverändert. Fest ausgearbeitete Hemmer behalten ihre Wirkung; die Wirkung von nicht vollkommenen Hemmreizen wird in geringem Grade abgeschwächt (bei Hunden mit relativ schwacher Hemmung, wie „Mars"); feste Hemmreflexe bleiben unverändert.

2. Durch Koffein in der Menge von 0.5 (subkutan und peroral) wird eine bedeutende Steigerung aller positiven bedingten Reflexe bewirkt (15—20% gegen die Norm); besonders stark ist die Steigerung der Reflexe auf schwache Reize (wie z. B. Licht 50 Watt); in einigen Fällen lässt sich die sogen. Phase des Ausgleichs auf hohem Niveau beobachten. Die Wirkung der Hemmreize ist nur im geringen Masse abgeschwächt.

Bei einer genauen Untersuchung des Ganges der bedingten Speichelsekretion, der bei beiden Versuchstieren unter normalen Bedingungen sehr regelmässig und von Versuch zu Versuch sehr beständig war, können folgende Änderungen bemerkt werden: a) Die Speichelmenge während der ersten 5 Sek. der isolierten Wirkung der bedingten Reize weist gegen die Norm eine Vergrösserung auf; während der letzten 5 Sek. ist sie entweder nicht verändert oder etwas herabgesetzt (Tab. 1): das Verhältnis zwischen den Speichelmengen für die ersten und letzten 5 Sek., das in der Norm grösser als 1 : 2 ist, gleicht 1 : 1.5—1.6. b) Gleichzeitig wird auch der Unterschied zwischen der Speichelmenge für die vierten (16.—20. Sek.) und letzten (26.—30. Sek.) 5 Sek sehr gering, während in der Norm der letztere Wert regelmässig bedeutend grösser ist,

wodurch der Anstieg der Kurve der Speichelsekretion zum Moment der Verabreichung des Futters zustandegebracht wird. Dieses ist aus Tabelle 1 ersichtlich (S. 251).

Anmerkung: Sowohl in dieser als auch in den folgenden Tabellen sind die Werte der bedingten Speichelreflexe in Teilstrichen der Messröhre angegeben; 100 Teilstriche = 1 cm^3 = 20 Tropfen Speichel.

Es sei hervorgehoben, dass die Änderungen im Gange der bedingten Speichelsekretion bedeutend stärker ausgesprochen sind in der ersten Hälfte des Versuchs, d. h. in der ersten $^1/_2$ St. nach Einverleibung des Mittels, als nach einem grösseren Zeitabstande.

Bei intravenöser Injektion von 0.5 Koffein sind die Veränderungen bedeutend stärker; diese kommen denjenigen Veränderungen gleich, die nach noch grösseren Koffeinmengen (1.0) beobachtet werden, und unter 3. besprochen werden.

3. Nach subkutaner und peroraler Verabreichung von 1.0 Koffein tritt eine geringe Herabsetzung der positiven bedingten Reflexe ein (etwa um 10%); die Wirkung der Hemmreize ist in geringem Masse abgeschwächt; der Gang der bedingten Speichelsekretion wird unregelmässig; die Kurve erhält einen wellenförmigen Charakter (Tabelle 2, S. 251).

Sehr starke, aber ebenfalls rasch vorübergehende Veränderungen treten nach intravenösen Injektionen von 1.0 Koffein ein; alle bedingten Reflexe weisen im Laufe von 30—50 Min. nach der Injektion bedeutend verminderte Werte (um etwa 25—30%) auf. Nach einem grösseren Zeitabstand erreichen die bedingten Reflexe ihre Normalwerte wieder. Während der Zeit, solange die positiven bedingten Reflexe herabgesetzt sind, bleibt die Wirkung der Hemmer vollkommen erhalten; während der Periode der Wiederherstellung der positiven Reflexe kann aber eine geringe Enthemmung beobachtet werden. Durch eine eingehende Analyse des Ganges der bedingten Speichelsekretion wird eine tiefere Einsicht in die Veränderungen ermöglicht, die der Erregungsprozess unter diesen Umständen erleidet (Tabelle 3, S. 252).

Aus diesen Werten kann man ersehen: dass a) die Menge des Speichels während der ersten Hälfte der Wirkung des bedingten Reizes (1.—15. Sek.) im Koffeinversuch gegen die Norm unverändert bleibt (31 gegen 29 im Normalversuch) und dass b) eine bedeutende Herabsetzung des Speichelreflexes während der zweiten Hälfte (16.—30. Sek.) erfolgt — 24 im Koffeinversuch gegen 56 in der Norm.

In einigen Fällen lässt sich in Koffeinversuchen ein anderer Gang der bedingten Speichelsekretion beobachten; es kommt vor, dass die Speichelsekretion in den ersten 5 Sek. vollkommen normale Werte aufweist, dass sie bis zur 15. Sek. auf diesem Niveau verbleibt, darauf von der 16.—20. Sek. steil abfällt und in den letzten 5 Sek. einen ganz geringen Wert aufweist.

Es sei ferner bemerkt, dass bei diesen beiden Versuchstieren die Speichelreflexe am Tage nach den Koffeinversuchen (unabhängig von der Menge und der Art der Verabreichung) keine Abweichungen von der Norm aufwiesen.

Das besprochene Tatsachenmaterial gestattet die Wirkung des Koffeins auf die Tätigkeit der höheren Abschnitte des Grosshirns folgendermassen darzustellen: 1. Durch kleine Koffeinmengen wird die Erregbarkeit der kortikalen Nervenelemente gesteigert; dieses geht aus der Vergrösserung der Speichelsekretion während der ersten Sekunden der Wirkung der bedingten Reize hervor, d. h. die bewirkte Erregung tritt rasch ein und erreicht sehr rasch den maximalen Grad. Dass dieses nicht

als Folge einer Abschwächung der Hemmung betrachtet werden könne, lässt sich daraus schliessen, dass die Wirkung der Hemmer unter dem Einflusse von Koffein nur sehr wenig leidet. Doch tritt keine wirkliche Verstärkung des Erregungsprozesses ein; dieses kann man daraus ersehen, dass die bedingte Speichelsekretion während der zweiten Hälfte der Wirkung der Reize, d. h. zu der Zeit, als in der Norm eine allmähliche und starke Steigerung des Effekts auftritt, nicht weiter ansteigt, sondern auf dem erreichten Niveau verbleibt. Die Totalwerte der Reflexe sind nur wenig gesteigert. — 2. Mittlere Koffeinmengen (0.5 subkutan) bringen eine nur geringe Steigerung der Erregbarkeit hervor; die Abschwächung der Erregung tritt mehr oder weniger deutlich hervor, — der Gang der Speichelsekretion weist einen schwachen Grad der Wellenförmigkeit auf, ein deutlicher Anstieg der Speichelmenge zum Ende der Zeit der isolierten Wirkung der Reize bleibt aus. — 3. Durch grosse Koffeinmengen (besonders bei intravenösen Injektionen) wird überhaupt keine Steigerung der Erregbarkeit bewirkt, die Abschwächung des Erregungsprozesses tritt sehr deutlich hervor. Dieses lässt sich daraus ersehen, dass die bedingte Speichelsekretion rasch den Maximalwert erreicht, wobei das Maximum bedeutend geringer ist als in der Norm, dass aber darauf ein steiles Herabsinken der Kurve erfolgt. Die lähmende Wirkung dieses Mittels tritt auf diese Weise sehr deutlich hervor.

Auf Grund des besprochenen Tatsachenmaterials kann man zu der Schlussfolgerung kommen, dass das Koffein im gewissen Grade als eine Substanz betrachtet werden könne, durch die die Erregbarkeit der Nervenelemente der höheren Teile des Zentralnervensystems gesteigert wird, dass es aber nicht als ein Mittel angesehen werden kann, durch welches diese Nervenelemente kräftiger und leistungsfähiger gemacht werden; im Gegenteil, die Leistungsfähigkeit wird herabgesetzt und unter bestimmten Bedingungen wird die Tätigkeit weitgehend gelähmt.

Physiologisches Institut
der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 3. XII. 1934.

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

С. Н. КАГАНОВСКАЯ и А. Г. ШЛЫКОВА

О ДЕЙСТВИИ ХЛОРИДОВ КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ НА ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ОБМЕН НЕРВА

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 1 XI 1934*)

Задача настоящего исследования состояла в том, чтобы подойти к выяснению вопроса, отличается ли дыхательный обмен нерва, находящегося в состоянии обратимой невозбудимости, от обмена нормального нерва. При этом важно было установить, связано ли наступление этого состояния с одинаковыми во всех случаях изменениями в обмене, или оно может возникнуть в результате разнородных изменений. Имеющиеся по этому вопросу литературные указания очень немногочисленны и разноречивы (1).

В нашей работе мы отдельно исследовали влияние двух типичных солевых парабиотиков, хлористого калия и хлористого кальция в изото-

нических растворах, на дыхательный обмен изолированного седалищного нерва лягушки (*R. esculenta* и *R. temporaria*).

Как показывают многочисленные исследования школы Введенского-Ухтомского, KCl является быстро действующим агентом, вызывающим состояние обратимой невозбудимости в среднем через 20 мин. Хлористый кальций, наоборот, действует медленно, вызывая полный парабиоз через 2.5—3 часа. Что касается литературных указаний о действии этих веществ на дыхательный обмен, то по одним данным KCl вызывает понижение ([2]), по другим ([3]) — повышение дыхательного обмена по сравнению с нормой. Влияние хлористого кальция, по указаниям Джерарда, выражается иногда в понижении дыхания по сравнению с нормой ([2]).

Определение дыхательного обмена производилось нами при помощи как волюметрического, так и манометрического методов.

Дифференциальный волюметр, которым мы пользовались, представлял собой модификацию модели Тунберга-Фенна. Чувствительность его была такова, что позволяла измерять дыхание одного нерва при пятиминутных отсчетах. По условиям работы, часть опытов была поставлена на значительно менее чувствительном манометре Варбурга. Однако средние величины потребления кислорода, полученные на том и другом приборе, близко сходились между собой.

Опыты производились в термостате, в котором поддерживалось постоянство температуры при помощи электрической терморегуляции, допускавшей температурные колебания в пределах 1—3 тысячных градуса. Во многих опытах одновременно с исследованием потребления кислорода регистрировались электрические колебания в нерве в покое и при раздражении.

Порядок опыта обычно был следующий:

Отпрепарованные нервы выдерживались в Рингере до 40 мин. и помещались в микрореспирометр, где исследовалось поглощение кислорода в течение 2—3 часов. После этого нервы из прибора вынимались, выдерживались в соответствующем солевом растворе и снова помещались в микрореспирометр на 3—4 часа. В некоторых опытах, главным образом на зимних лягушках, после солевого воздействия нерв вновь переносился в Рингер, для сравнения дыхания при восстановлении с первоначальным нормальным обменом. Иногда порядок опыта менялся: сначала исследовался обмен при солевом воздействии, затем в Рингере.

Из 17 опытов, поставленных в хлористом калии, в 11 случаях было отмечено понижение дыхания по сравнению с нормой (см. таблицу на стр. 258).

Следует отметить, что на протяжении опыта потребление кислорода в хлористом калии изменяется. Именно, в большинстве опытов на зимних лягушках дыхание за первый час стоит на более низком уровне, чем в последующее время. Затем оно постепенно увеличивается и ко второму часу достигает известного постоянства на уровне более низком, чем в Рингере (фиг. 1, стр. 259). Наоборот, в ряде опытов над весенними лягушками дыхание понижается постепенно до постоянного уровня, которого достигает обычно ко второму часу (фиг. 2).

Среднее потребление O_2 мы вычисляли по постоянному уровню за 2-й и 3-й часы пребывания нерва в хлористом калии.

Если потребление кислорода в Рингере принять за 100%, то в хлористом калии оно в среднем составит 70% (колебания между 50—90%).

В 3 опытах из 17 (порядок опыта: KCl → Рингер) дыхание в Рингере было ниже, чем в хлористом калии. Интересно отметить, что в этих опытах

раздражение нервов в Рингере не давало ни электрического эффекта, ни повышения дыхания, всегда получавшихся в других опытах. Не исключена возможность того, что в данном случае не происходило вос-

№№	Дата	Прибор	Потребление O_2 в мм³ в Рингере на грамм в час	Потребление O_2 в мм³ в KCl на грамм в час	% потребления в KCl по отношению к Рингеру
1	25 I 1934 г.	Волюметр	86	48	56
2	10 II	„	105	105	100
3	20 II	„	96	66	66
4	8 IV	Манометр	57	40	70
5	4 V	Волюметр	89	44	118
6	7 V	„	96	48	50
7	16 V	„	54	40	75
8	19 V	„	72	65	90
9	21 V	„	69	80	116
10	25 V	„	55	55	100
11	25 V	„	100	70	70
12	31 V	Манометр	115	92	80
13	8 V	„	54	68	120
14	17 VI	„	71	64	89
15	18 VI	„	66	66	100
16	19 VI	„	72	40	55
17	20 VI	„	81	50	62

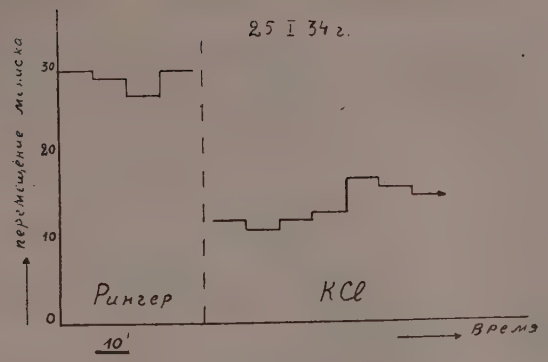
становления возбудимости нерва. Эти опыты относятся к весенне-летнему периоду.

В трех опытах величина дыхательного обмена в Рингере и в хлористом калии была одинакова.

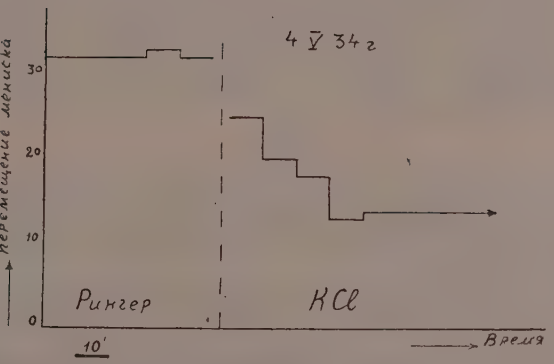
Опыты с дыхательным обменом нерва в хлористом кальции, проведенные до сих пор, не дали нам такой отчетливой картины, какую мы наблюдали по отношению к хлористому калию. Из 13 опытов в 6 случаях дыхание нерва в хлористом кальции устанавливалось на более высоком уровне, чем в Рингере. Фиг. 3 представляет типичный случай такого повышения. В среднем повышение составляло 40% (крайние колебания 90 и 10%). В 5 опытах величины потребления кислорода в Рингере и в хлористом кальции были одинаковы и в 2 опытах дыхание в Рингере повышалось приблизительно на 20% по сравнению с дыханием в $CaCl_2$.

Таким образом, в хлористом кальции дыхание нерва или повышается или остается без изменения.

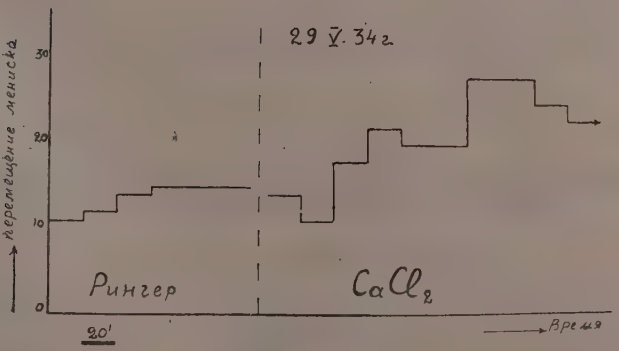
Так как эффект воздействия хлористого кальция на нерв развивается в течение длительного времени, интересно было сопоставить величины потребления кислорода за первые 2—2.5 часа пребывания нерва в соли с последующими величинами, взятыми на уровне развития полного парабиоза. Если мы сравним между собой средние уровни потребления



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

O_2 на обоих отрезках времени, то окажется, что поздние величины на 20% выше ранних.

В заключение сопоставим наши данные о действии солей на дыхательный обмен нерва с теми выводами, к которым пришли авторы, исследовавшие связь между изменением функционального состояния нервной ткани и изменением поверхностной проницаемости. В основном эти выводы сводятся к тому, что в основе действия физико-химических агентов, вызывающих обратимую невозбудимость, лежат нарушения в ту или другую сторону нормальной проницаемости поверхностных структур. При этом $Ca^{\cdot\cdot}$ уменьшает поверхностную проницаемость, а $K^{\cdot}$ ее увеличивает [4–8].

Если сопоставить это с нашими результатами, то получается, что увеличение проницаемости связано с уменьшением потребления кислорода (опыты с KCl), а уменьшение проницаемости — с увеличением потребления кислорода (опыты с $CaCl_2$).

По представлению Гилла [5], исходная поляризация нерва, связанная с непроницаемостью поверхностных структур, представляет собой неустойчивое состояние, поддерживаемое постоянным расходом энергии. Если предположить, с одной стороны, что эта энергия черпается в конечном счете из окислительных процессов, а с другой стороны, что поддержание структурных изменений при действии $Ca^{\cdot\cdot}$ сопряжено с большей работой, чем при действии $K^{\cdot}$, то наши данные о повышенном дыхании нерва в хлористом кальции и пониженном в хлористом калии могут найти себе достаточное объяснение.

Выводы

Исследования влияния хлоридов калия и кальция на дыхательный обмен изолированного седалищного нерва лягушки привели нас к следующим результатам:

1) Величины потребления кислорода в хлористом калии в среднем на 30% ниже, чем величины потребления O_2 в Рингере (крайние колебания 10—50%).

2) В хлористом кальции дыхание нерва или остается без изменений или повышается в среднем на 40% по сравнению с нормой (крайние колебания 10—90%.

Физиологическая лаборатория
им. А. Ф. Самойлова
Московского государственного университета.

Поступило
11 X 1934.

TIERPHYSIOLOGIE

ÜBER DIE WIRKUNG VON KALIUM- UND CALCIUMCHLORID AUF DEN ATMUNGSSTOFFWECHSEL DES NERVEN

Von S. KAGANOVSKAJA und A. ŠLYKOVA

(*Vorgelegt von A. Richter, Mitglied der Akademie, d. 1. XI. 1934*)

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Wirkungen von Kalium- und Calciumchlorid auf den Atmungsstoffwechsel des isolierten Froschischiatikus untersucht, wobei folgende Resulatte erzielt wurden.

1) Die Werte des Sauerstoffverbrauchs im Kaliumchlorid sind im Durchschnitt um 30% niedriger als diejenigen in der Ringerlösung (die extremer Werte zwischen 10% und 50%).

2) Im Calciumchlorid bleibt die Atmung des Nerves entweder ohne jegliche Veränderung, oder erhöht sich im Durchschnitt auf 40% im Vergleich mit der Norm (die extremen Werte zwischen 10 und 90%).

Laboratorium für Physiologie
der Universität Moskau.

Eingegangen
d. 11. X. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] R. W. Gerard. Physiological Review, 1932, **12**, 469. [2] R. W. Gerard. Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., 1930, **27**, 1052. [3] S. Riggs. Biol. Chem., 1919, **39**, 385. Цитировано по: Воронцов и Юденич. Сборн. Каз. мед. инст., 1933, **9—10**, 108. [4] R. Höber. Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. 1924, 646—658. [5] Л. Л. Васильев. Новое в рефлексологии и физиологии центральной нервной системы, сборн. № 1, 1925. [6] Л. Л. Васильев. Сборник „Парабиоз". [7] Ф. П. Петров. Новое в рефлексологии и физиологии центральной нервной системы, сборн. № 3, 1929. [8] Д. А. Лапицкий. Новое в рефлексологии и физиологии центральной нервной системы, сборн. № 3, 1929. [9] A. V. Hill. Chemical Wave Transmission in Nerve. Cambridge University Press, 1932.

ЗООЛОГИЯ

Л. И. ЯКУБОВА

К РАЙОНИРОВАНИЮ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ СОСТАВА ФАУНЫ БЕНТОСА И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ У БЕРЕГОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

(*Представлено академиком С. А. Зерновым 1 X 1934*)

Как известно, население бентоса различных участков Черного моря не однородно по своему составу. Отдельные формы его находятся в полной зависимости от окружающей среды места своего обитания, а последнее, в свою очередь, определяется географическим положением данного района. Обработка материалов по бентосу Черного моря привела автора к попытке провести районирование береговой полосы этого моря,— попытке, которую он рассматривает как имеющую значение в самом общем приближении так как данные, имеющиеся в настоящее время и положенные в ее основание недостаточно полны.

В основу районирования Черного моря положены: состав населения бентоса и его распределение в береговой полосе Черного моря в связи с физико-географическими условиями района.

В Черном море можно наметить три основных биогеографических района: I — восточная половина моря, II — юго-западный и III — северо-западный районы.

I район — восточная половина моря. Она включает в себя южный берег Крыма, примерно от м. Херсонес до Феодосии, все побережье Кавказа, начиная от Анапы на юг, и восточную Анатолию до м. Бафра. Перерыв в этом полукольце представляет только предкерченский участок, приблизительно от Феодосии до Анапы, который, в силу местных условий — некоторого опреснения водами Азовского моря — носит несколько иной характер. Крымское побережье характеризуется отсутствием в нем воды

материкового стока, вследствие чего не подвергается опреснению, местами имеет несколько более широкую полосу континентального плато. Сравнительно наиболее полное развитие биоценозов, отличающихся, по своему составу, богатством и разнообразием фауны. Кавказское побережье с обилием горных рек, которые, с одной стороны, вызывают местное опреснение, как, например, в устьях рек Чороха и Риона, с другой стороны — приносят массу материала из камней, гальки, ила, песка и большого количества растительных осадков, образующих местами в устьях рек из этих наносов участки, почти лишенные жизни. Затем на этом побережьи наблюдается более слабое развитие ракушечника, а местами и мидиевого ила, преобладание илистых песков. Но, в общем, по данным, имеющимся в настоящее время, качественный состав его приблизительно однороден, количественно же население бентоса несколько богаче у южно-крымского берега. Имеют место, правда, некоторые изменения в количественных соотношениях между отдельными формами: для южно-крымских берегов в фазеолиновом илу преобладающей формой по частоте встречаемости является *Modiola phaseolina*, у кавказского — местами *Melinna palmata*; *Phoronis euxinicola* у южного берега Крыма значительно более распространен, чем у берегов Кавказа; *Eugira adriatica*, живущая в илистом песке и „мидиевом“ илу, наоборот, чаще встречается у берегов Кавказа, чем у крымских и т. д. — различия, не имеющие решающего значения. Бентоническая фауна восточного анатолийского берега, по данным имеющимся в настоящее время, никаких особых отличий от кавказской не представляет.

Общие характерные черты для всего этого побережья в целом, от м. Херсонес до м. Бафра с перерывом из предкерченского участка: крутое падение дна и, как следствие, — узкая береговая полоса, населенная жизнью. Приблизительно единообразные гидрологические условия в смысле течений, солености, содержании кислорода и температуры. Вследствие узости береговой полосы, в общем, — слабое развитие фаций ракушечника, „мидиевого“ ила, преобладание местами илистых песков, основная площадь занята „фазеолиновым“ илом. Население — с наиболее богатой и ярко выраженной морской фауной, по сравнению с остальными областями моря, за исключением юго-западного района. В сущности, здесь обнаружены представители почти всего животного бентоса Черного моря, за исключением из его состава тех форм, которые, в связи с влиянием особых физико-географических условий, имеют только местное значение и могут быть рассматриваемы как уклонение от основного состава бентоса.

II — юго-западный район. Это район, прилежащий к Босфору, и побережье на запад от него до г. Сизополь (Южная Болгария), на восток — от Босфора до м. Бафра (западный берег Анатолии). В центре — прибосфорский участок. Его отличительная черта — географическое положение в месте обмена вод двух бассейнов с различными гидрологическими условиями. Нижнебосфорское течение является путем, по которому происходило переселение средиземноморских форм в Черное море. В отборе форм, проникающих в Черное море из Средиземного, главную роль играет температура, содержание кислорода и соленость. Целый ряд переселенцев, пройдя Босфор, осел у его выхода, в прибосфорском участке Черного моря, в районе влияния теплой и соленой нижнебосфорских струй. До сих пор здесь констатированы следующие виды, не встречающиеся в остальном Черном море: *Bunodes* sp., *Virgularia* sp., *Petalostoma minutum* Kef., *Sternaspis scutata* (Ranzoni), *Ophiotrix echinata*, *Cyclonassa brusinae* Andr., *Schismope striatula* (Phil.), *Gibbula deversa* Mil., *Fissurella graeca* (L), *Natica*

fusca (Blain.), *Polycarpa* sp., *Pandocia singularis*. Кроме того, здесь наблюдается обилие *Cucumaria orientalis* Ostr. — сравнительно редкой в других частях моря.

Влияние Босфора сказывается также на пространстве к западу от него до г. Сизополь (южный берег Болгарии), фауна которого отличается богатством и обнаруживает черты, указывающие на близость Босфора. Здесь найдены С. А. Зерновым моллюски *Cyclonassa brusinae* и *Natica fusca*, живущие еще только в прибосфорском участке. Сюда часто заходит омар (*Homarus vulgaris* M. Ed.); затем, хотя это и не относится к бентосу, но может служить для характеристики района: тунцы и мечрыба, которые являются редкостью для других берегов Черного моря — здесь же ловятся регулярно и ежегодно. Надо полагать, что здесь от нижнебосфорского течения ответвляется струя, идущая к западному берегу — вопрос, ожидающий ответа от гидрологии.

На восток от Босфора влияние нижнебосфорской струи сказывается на значительно бо́льшее расстояние — до м. Бафра (западное побережье Анатолии). Здесь замечается значительное уклонение в качественном составе фауны от таковой же восточного берега Анатолии, Кавказа и Южного берега Крыма. Так, здесь массами встречается отшельник *Clibanarius misanthropus* Hell., довольно редкий в других частях Черного моря; в прибрежном песке обитает не живущий в остальном Черном море краб *Portunus* sp.; от Босфора до о. Кефкен живет омар. Затем, С. А. Зернов отмечает здесь окраску анатолийских лабрид фиолетового оттенка, свойсвенного средиземноморским лабридам и отсутствующего у крымских. И, таким образом, участок моря от г. Сизополя до м. Бафра можно рассматривать как особый биогеографический район с центром из прибосфорского участка и двумя смежными ветвями — к западу, более слабой, до г. Сизополя, и восточной — более мощной, до м. Бафра.

III — северо-западный район. Этот район включает в себя северо-западную часть Черного моря, расположенную между м. Тарханкут, Одессой и м. Калиакра (северо-западное побережье Черного моря СССР и побережье Румынии), за исключением небольшого отрезка южного берега Каркинитского залива, расположенного между Ярылгачской бухтой и устьем залива. Для этого района характерно: наличие здесь мелководного континентального плато, занимающего огромную площадь с глубинами меньше 100—150 м, за исключением пространства, прилегающего к м. Калиакра, где глубины ближе подходят к берегу; опреснение водами впадающих здесь больших рек — Днепр, Буг, Днестр, Дунай — снаносом большого количества питательных веществ; более холодная температура по сравнению с другими участками Черного моря, с образованием льда у северного берега и плавучим льдом вдоль западного. Наиболее характерные особенности в смысле заселения бентосом это — мощное развитие

биоценоза „мидиевого“ ила, занимающего огромную площадь с преобладающей формой моллюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. v. *frequens* Mil., местами встречающегося в огромном скоплении, и громадное скопление водоросли филлофоры — „филлофорное поле“ С. А. Зернова, занимающее пространство около 70 миль шириною и более 40 миль в длину, расположенное между Севастополем, Дунаем и Одессой. При этом, по последним данным,* большое скопление филлофоры наблюдается и значительно южнее (против местности Ажигия) на глубинах приблизительно от 40 до 65 м.

В общем, этот район отличается пестротой физико-географических условий, отразившихся соответственно на составе фауны бентоса, который отличается сравнительно меньшим разнообразием видов. С одной стороны, здесь наблюдается выпадение ряда форм по сравнению с фауной других районов в Черном море, и с другой стороны — наличие форм, свойственных только более опресненным участкам моря. Здесь выпадают: *Amphioxus*, *Patella*, *Lygia*, *Littorina*, *Phoronis* и многие другие; *Pecten* и *Saccocirrus* встречаются как исключение. В частности, Одесский залив характеризуется, кроме значительного опреснения, еще неустойчивостью гидрологического режима — резкими колебаниями температуры и солености. Последнее явление отражается на бентонической фауне, отличающейся здесь, кроме бедности своего состава, еще и его неустойчивостью, так как отдельные формы могут появляться или исчезать в различные годы, в зависимости от более сильного или более слабого опреснения. В Одесском заливе отсутствуют, кроме перечисленных форм, еще полностью *Ostrea taurica*, *Saccocirrus*, *Eriphia*, все оболочники, кроме *Botrillus*, и целый ряд других форм — типичных и обычных для биоценозов более осолоненных участков моря. С другой стороны, — присутствие *Corbulomya maeotica* Mil., *Solen marginatus* Penn. v. *pontica* Mil., *Barnea candida* (L.) v. *pontica* Mil., характерных представителей более или менее опресненных участков. Так, *Corbulomya maeotica* живет в большом изобилии в прибрежном песке около устья Дуная и далее на юг от него, на север — почти до самой Одессы; затем — на Одесской банке, в Керченском проливе и в Азовском море. *Solen marginatus* найден в Керченской бухте; затем, как массовая форма — в прибрежном песке северной Болгарии; большое скопление створок найдено С. А. Зерновым в Керченском проливе; она живет в глубоких норах до 3 м глубины. *Barnea candida* найдена вблизи устья р. Альмы (западный берег Крыма), в Азовском море и других опресненных пунктах.

Своеобразность этого района усиливается еще тем, что он непосредственно связан с открытыми лиманами, в которых, кроме морской и пресноводной, концентрируется и реликтовая, или остаточная, фауна, сохранившаяся здесь от предшествующих геологических эпох. Эти остатки фауны прошлых эпох имеют исключительно важное значение для понимания характера современной фауны Черного моря и, с другой стороны — они же имеют не менее важное значение и для характеристики его прошлого.

Каждый из этих трех основных районов, конечно, включает в себя отдельные участки с теми или иными уклонениями в зависимости от местных условий, но, по существу, не изменяющих общего характера района в целом.

* Литература, относящаяся к этой статье, указана в подготовляемой к печати рукописи автора „Бентос Черного моря“.

Западное побережье Крыма от м. Тарханкут до Севастополя по своим биогеографическим и гидрологическим условиям может быть рассматриваемо как переходное к южному берегу Крыма. Оно имеет по сравнению с последним более низкую температуру; соленость обычной черноморской воды, за исключением некоторого опреснения у юго-западного берега, вызываемого водами впадающих здесь небольших рек: Альмы, Качи и Бельбека. Характеризуется значительным развитием песков с населяющими их обычными песчаными формами и, между прочим, присутствием амфиоксуса; с присутствием *Ostrea taurica* в ракушечнике; с хорошо развитым биоценозом „мидиевого" ила и типичнейшим представителем его в этом участке моря — немертины — *Cerebratulus kovalevskii* Tim.

Восточный берег Крыма от Феодосии до Керченского пролива наиболее сходен с западным берегом Крыма по всей совокупности вышеперечисленных условий, однако, с некоторыми местными особенностями, вызванными опреснением всего этого побережья водами Азовского моря.

Возникает вопрос: где, в какой же части Черного моря наиболее ясно выражен типично черноморский характер бентонической фауны настоящего времени?

Фауна бентоса восточной половины Черного моря (I район) наиболее богата по своему составу и носит наиболее морской характер по сравнению с другими областями моря, за исключением юго-западного района. Эта фауна накладывает свой „морской" отпечаток на все Черное море в целом, хотя черноморская вода, с соленостью в среднем вдвое меньшей океанской воды, занимает промежуточное место между морскими и солоноватыми водами.

Конечно, Черное море, по составу бентоса, представляет собою одно целое, поскольку имеется значительное сходство между бентосом отдельных его участков и, в особенности, в населении илов; однако, не будет большой ошибкой сказать, что именно в восточной половине Черного моря с его бентонической фауной, по преимуществу, и выражен типично черноморский характер современного Черного моря, в то время как в фауне его западной части, в зависимости от различных привходящих физико-географических условий, обнаруживаются существенные уклонения, лишающие его этого характера. Уклонения в составе фауны бентоса юго-западной части Черного моря от такового восточной его части вызывается влиянием Босфора и обнаруживается в заселении этого района формами, чуждыми остальному Черному морю, или такими, которые в остальном море являются как редкое исключение. В северо-западном его районе, под влиянием опреснения и более низкой температуры, оно выразилось как в выпадении из состава бентоса целого ряда типичных форм, живущих в Черном море, так и в появлении некоторых форм, характерных только для опресненных участков моря.

В общем, Черное море можно рассматривать как совокупность отдельных районов без резких границ, связанных между собою постепенными переходами, но с резким противоположением в крайних пунктах: с одной стороны, — юго-западный район и в особенности прибосфорский участок с представителями в нем наиболее морской фауны — рядом видов, не живущих в остальном Черном море и, с другой стороны, — северо-западный с фауной отчасти солоноватых вод и следами жизни прошлых эпох.

Биологическая станция Академии Наук СССР.
Севастополь.

Поступило
10 IX 1934.

ZOOLOGY

CONCERNING THE DIVISION INTO DISTRICTS OF THE BLACK SEA ON THE BASIS OF COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF ITS BENTHOS FAUNA

By L. JAKUBOVA

(*Communicated by S. Zernov, Member of the Academy, 1. X. 1934*)

SUMMARY

According to the composition and distribution of benthal fauna in connexion with the physico-geographical conditions of the coastal zone of the Black Sea, the latter may be divided into three principal areas or districts, the eastern half of the sea being the 1st district, its south-western portion, the 2nd district, and its north-western part, the 3rd district.

The eastern part of the sea (the 1st district) includes the southern coast of the Crimea approximately from Cape Chersonese to Theodosia, the whole of the coast of the Caucasus south of Anapa, and the eastern coast of Anatolia to Cape Bafra.

The characteristic features of this district, common all along the coast, are the following: a coastal zone rich in animal life, but narrow, owing to a steeply sloping bottom; almost uniform hydrologic conditions — $S^0/_{00}$, t^0, and O_2 content.

The fauna of this district is the richest as regards composition and has the most strongly pronounced pelagic features (except the south-western district). It includes almost all the representatives of the animal benthos of the Black Sea.

The 2nd, the south-western, district consists of the Bosphorus region and the coast west of it to Sizepoli (Southern Bulgaria) and east of it to Cape Bafra (western coast of Anatolia). In the centre of this district lies the Bosphorus region, which is situated at the point where the interchange of waters of the two basins with different hydrologic conditions takes place. This region is characterized by the presence of a number of forms, such as *Virgularia* sp., *Sternaspis scutata*, *Fissurella graeca*, and many others, absent in other parts of the Black Sea, which have settled here due to the influence of the warmer and more salted deep-seated Bosphorus current.

These same features of benthonic fauna are peculiar to other regions of this district west of Bosphorus to Sizepoli and east of it to Cape Bafra. There are to be found here certain forms alien to other parts of the Black Sea (except the Bosphorus region), such as the mollusks *Natica fusca*, *Schismope striatula*, the lobster *Homarus vulgaris*, or such as *Clibanarius misanthropus*, which is a common form in this area, while in other parts of the sea it is a rather unusual form. This phenomenon warrants the supposition that the deep-seated Bosphorus current has an influence upon the selection of forms that have settled in this region.

The 3rd, the north-western, district includes the north-western part of the Black Sea situated between Cape Tarkhankut, Odessa, and Cape Caliakra (excluding the southern coast of Karkinitzky Bay between Yarilgach Harbour and the mouth of the Bay), the north-western part of the Black Sea of the USSR and the coast of Rumania. The characteristic features of this district are: a shallow continental shelf occupying a consider-

able area with depths of less than 100—150 m; the inflow of fresh water from the rivers Dniepr, Bug, Dniestr, Danube; a temperature lower than in other parts of the Black Sea. The benthos of this district is poor and it is characterized by a large number of *Mytilus galloprovincialis* Lam. v. *frequens* Mil., in the mud and by great accumulations of red *Phylophora* seaweeds. A number of forms, such as *Amphioxus*, *Patella* and many others, typical of and common to more salted regions of the sea, are absent, while such forms as *Corbulomya maeotica*, *Solen marginatus*, *Barnea candida*, living generally in less salted regions, are present here. Besides, in the open estuaries of this part of the sea there is concentrated a relict fauna left behind from former geological epochs, which is a peculiarity of this district.

The biogeographic and hydrologic conditions of the western coast of the Crimea from Cape Tarkhankut to Chersonese are a transition to those of the southern coast of the Crimea. The eastern coast of the Crimea from Theodosia to Kerch Strait offers the greatest likeness with the western coast in respect of biogeographic conditions, though it has some peculiarities of its own due to the low salinity of the Asov Sea waters.

A comparison ot the benthal fauna of the three above districts of the Black Sea permits to conclude from the data available up to date that the eastern half of the sea (the 1st district) with its benthal fauna has some strongly pronounced characteristic features typical of the present Black Sea, while the fauna of the other two districts, due to the influence of special physico-geographical conditions, offers a considerable deviation, which deprives it of that character.

Biological Station
of the Academy of Sciences of the USSR.
Sebastopol.

Received
10. IX. 1934.

ЗООЛОГИЯ

А. Я. ТАРАНЕЦ и А. П. АНДРИЯШЕВ

О НОВОЙ РЫБЕ ИЗ СЕМ. *ZOARCIDAE* С ЛИТОРАЛИ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

(*Представлено академиком С. А. Зерновым 1 X 1934*)

Среди рыб, собранных в последние годы с литорали Командорских о-вов Е. Кардаковой и Б. Ростовых, авторы обнаружили форму из семейства *Zoarcidae*, наиболее близко стоящую к группе *Gymnelis* Reinhardt; эта форма настолько резко отличается от ранее известных родов, что выделяется нами ниже в новый род и вид *Commandorella popovi**

COMMANDORELLA g. n.

Зубы на сошнике и небных отсутствуют; на челюстях в один ряд, притупленные, увеличенных зубов нет. Небная перепонка хорошо развита. Щеки почти вертикальны, не вздуты; тело и спереди и сзади сильно сжато с боков. Подбородочные гребни отсутствуют. Нижняя губа широкая,

* К этому же роду и виду принадлежат 2 экземпляра собранные Е. К. Суворовым на о. Медном в 1902 г., хранящиеся в Зоологическом институте Академии Наук СССР.

утончается кзади, спереди прикреплена к нижней челюсти, не образуя выемки (см. фиг. 2). Верхняя губа также сплошная, но не прикреплена спереди. Жаберные отверстия небольшие, не доходят до середины основания грудного плавника. На голове мелкие ясные поры, расположение которых сходно с таковым у рода *Gymnelopsis* Soldatov. Слизистые полости и крупные ноздреобразные поры отсутствуют. Тело совершенно голое, грудные плавники округлые. Брюшных плавников нет. Боковая линия редуцирована в несколько слабо различимых пор в передней части тела. Пилорических придатков 2, оба пальцевидные.

Фиг. 1. — Fig. 1. *Comandorella popovi* n. g. n. sp. Литораль о. Медного. Общий вид.

Commandorella единственный литоральный представитель в группе форм близких к роду *Gymnelis* Reinh., хорошо отличается от них отсутствием зубов на сошнике и небных, строением нижней губы, редуцированной боковой линией, расположением пор на голове, формой грудного плавника и др. признаками.

Известен один вид с литорали о. Медного (Командорские о-ва). Тип *Commandorella popovi* sp. n.

Commandorella popovi sp. n.

Местонахождение. 1. Командорские о-ва (о. Медный), 2 экз. Е. К. Суворов, № 23948 (тип) и 23950 Зоол. муз. Акад. Наук СССР.

2. О. Медный, с. Преображенское, На лайде в отлив, 1 экз. Б. Я. Ростовых.

3. О. Медный, бухта Преображенья, 27 III 1931, в лужах под камнями во время отлива, 2 экз. Е. Кардакова.

D 101, *A* ca. 89, *P* 12, Sp. br. $\frac{3+12 \text{ (наружный ряд)}}{0+12 \text{ (внутренний ряд)}}$.

Фиг. 2. Вид головы снизу.

Fig. 2. Head from below.

Голова маленькая, сжатая с боков, ее длина составляет 11.6—13.3% всей длины тела (*L*); горизонтальный диаметр глаза 21.4—26.1%, длина рыла 20.9—23.6%, верхняя челюсть 40.0—54.5% длины головы до конца заднего края operculum. Верхняя челюсть не выступает вперед нижней, ее задний конец доходит до середины или до заднего края глаза. Поры на голове мелкие, ясные. Три поры в передней части нижней челюсти, одна в задней части, далеко отстоящая от первых трех; четыре поры на нижнезаднем краю предкрышки; восемь пор вокруг глаза, одна на продольной оси межглазничного пространства позади его середины; одна на середине затылка; три в горизонтальном ряду над жаберной крышкой и одна выше их между передними двумя. Жаберные отверстия заходят вниз не далее 6-го луча грудного плавника. Спинной плавник начинается над передней третью грудного плавника, анальный отстоит от конца рыла почти на одну треть длины тела. Грудные плавники характерной формы, почти круглые, содержатся $1^3/_4$ раза в длине головы.

Окраска. Тело темное, на боках его большое количество неправильной формы крупных светлых пятен, очерченных более темными линиями, образующих сложный узорчатый рисунок. Нижняя половина головы светлая, резко отделена от верхней темно окрашенной части. Брюхо светлое. На спинном плавнике окраска подобная таковой на боках тела, но могут присутствовать также крупные темные пятна. Длина до 133 мм. Икринок (у экземпляра типа в 133 мм длиной) около 50, диаметр икринки (средний из 10) равен 2.8 мм.

Commandorella popovi Tar. & Andr. характерна для литорали Командорских островов, являясь, повидимому, эндемичным элементом в их своеобразной фауне.

Найден пока только на о. Медном.

Называем этот вид именем известного ихтиолога А. М. Попова, впервые указавшего на его отличия.

Рисунки выполнены художником Н. Н. Кондаковым.

Тихоокеанский институт
рыбного хозяйства и
Ихтиологическая лаборатория
Ленинградского государственного
университета.

Поступило
17 IX 1934.

ZOOLOGY

ON A NEW FISH OF THE FAMILY *ZOARCIDAE* FROM THE LITTORAL FAUNA OF THE COMMANDERS' ISLANDS

By A. TARANETZ and A. ANDRIASHEV

(*Communicated by S. Zernov, Member of the Academy, 1. X. 1934*)

Among the fishes collected on the shores of the Commanders' Islands there were found by the authors several specimens of a species not agreeing with any of the known genera of the family *Zoarcidae*. It is therefore described here as a new genus and species — *Commandorella popovi* n. g. n. sp.

COMMANDORELLA g. n.

Body elongate, compressed, nacked. Head small, cheeks compressed, subvertical, not tumid. Teeth on the vomer and palatines absent; on the jaws uniserial, bluntish teeth; no considerably enlarged teeth. Palatine membrane well developed. Chin-crests on the lower jaw absent. Lower lip broad, narrowed posteriorly, adherent to the anterior part of the lower jaw, without a notch. Upper lip also continuous, but not attached anteriorly. Gill slit small, not reaching below the middle of the base of the pectoral fin. Small, distinct pores on head, distributed like those in *Gymnelopsis* Soldatov. Mucous cavities and large pores absent. Pectoral fin nearly round; no ventral fins. Lateral line reduced to a short series of inconspicuous pores in the anterior part of the body. Pyloric coeca two, both fingerlike.

This new genus is near to the *Gymnelis*-group, but differs in the absence of teeth on the vomer and palatines, in the structure of the lower lip, in the reduction of the lateral line, in the distribution of the

pores on the head, in the shape of the pectoral fins and in some other details.

Only one species known from the littoral fauna of the Medni Island (Commanders' Islands).

Type: *Commandorella popovi* sp. n.

Commandorella popovi sp. n.

D 101, *A* ca 89, *P* 12, Sp. br. $\frac{8 + 12 \text{ (outer series)}}{0 + 12 \text{ (inner series)}}$.

Head small, compressed, 11.6—13.3% of total length; long diameter of eye 21.4—26.1%, snout 20.9—23.6%, upper jaw 40.0—54.5% of length of head, measured to the posterior margin of the opercle. Jaws equal. Upper jaw extending below the middle or the posterior margin of eye. Pores on head small, but distinct; three pores on the anterior part of the lower jaw, one on the posterior part, placed far away from the anterior pores. Four pores placed along the lower posterior edge of opercle; eight pores below the eye, not fully encircling them; one pore on the median line of the interorbital space, a little behind its middle; one in the middle of the nape; three pores in a horizontal row above the opercle and one pore above them between the anterior pair of pores. Gill slit extending downward not beyond the sixth ray (from above) of the base of the pectoral fin. Dorsal fin begins above the anterior third of the pectoral fin. Pectoral fins short, almost round; their length $1^3/_4$ times in that of head.

Sides of the body dark, with numerous irregullar large light spots, bordered with dark, forming a complicated pattern. Lower part of head light, distinctly separated from the darker upper part. Abdomen light.

The type specimen, a female, 133 mm long has about 50 eggs, diameter of eggs (average of 10) is 2.8 mm.

Seems to be an endemic form of the littoral fauna of the Commanders' Islands. Five specimens only known, all collected on the Medni Island.

This species is named after A. Popov (Leningrad), our well-known ichthyologist.

Pacific Institute of Fisheries and Ichthyological Laboratory of the Leningrad State University.

Received 17. IX. 1934.